

حدود العلم

تأليف ماجنوس بيك

ترجمة حسين عبد العزيز بدر

مراجعة د. محمود مختار

الألف كتاب

حدود العلم

باشراف
الهيئة العامة
للكتب والأجهزة العلمية
بوزارة التعليم العالى

تصدر هذه السلسلة بمعاونة

المجلس الأعلى لرعاية الفنون والآداب والعلوم الاجتماعية

حدود العلم

تأليف
ماجنوس بيك

ترجمة
حسين عبد العزيز بدر

مراجعة
د. محمود مختار

الهيئة العامة للكتب والأجهزة العلمية
مطبعة جامعة القاهرة ١٩٦٨

هذه ترجمة كتاب

THE BOUNDARIES OF SCIENCE

تأليف

Dr. Magnus Pyke

محتويات الكتاب

الفصل الأول

علوم الطبيعة ــ العلوم الصناعية

فى عالم القرن العشرين الحديث ، يمس العلم تقريبا كل جانب من جوانب حياتنا . فهو يعد من نواحي كثيرة الفلسفة السائدة لمدنيتنا . وتبعا لدائرة المعارف البريطانية يمكن ببساطة تعريف العلم بأنه المعرفة المرتبة للظواهر الطبيعية وللعلاقات بينها ؛ وبهذا فهو تعبير مختصر «للعلم الطبيعى» . ولكن هذا التعريف ليس كافيا ، فالعلم كما أفهمه شىء أكثر من هذا . انه بالمعنى الحديث طريقة للتفكير . ويتضمن العلم مبدأين رئيسيين : يتكون الأول منهما من ثلاثة أجزاء هى ، تجميع الحقائق والمشاهدات ، والأفضل أن يكون ذلك فى مصطلحات كمية ؛ ثم بناء فرض لتوضيح علاقة الحقائق ببعضها ؛ ثم انتقاء مزيد من مشاهدات مناسبة أو القيام بتجارب تصمم لاختبار صحة هذا الفرض . فاذا أيدت النتائج العملية صحة الفرض كان بها والا وجب تعديله أو استبعاده . والمبدأ الثانى للفلسفة العلمية هو أن الكون مكان منظم مرتب ، وأن أى مشاهدة ــ بصرف النظر عن كونها غير متوقعة ــ يمكن لها أن تتلائم مع فرض معقول يكون اكتشافه فى حدود طاقتنا الفكرية ، وان لم يكن فى الحال ، ففى وقت ملائم حين نحصل على البيانات الضرورية .

وبطبيعة الحال لا يكون هذا عموما بالأمر السهل . فحتى الحقائق البسيطة المظهر قد لا تكون بالبساطة التى تبدو بها . فالميزان مثلا هو أحد الأدوات العلمية الأساسية ، أى أنه آلة دقيقة لقياس الوزن.ولكن وزن كرة الجولف مثلا ، يختلف عند قمة جبل أفرست عنه عند سطح البحر ، وكذلك عند قياسه فى معامل شركة

البوتاس الفلسطينية على شاطىء البحر الميت • وقد تظهر تعقيدات أخرى اذا وزنت فى مخزن الأدوات بطائرة كوميت تطير بسرعة ٥٠٠ ميل فى الساعة فوق المحيط الأطلنطى • ولكن لا يقتصر الأمر على كون الحقائق أكثر صعوبة فى تعريفها وقياسها مما يتخيله البعض ، بل هناك صعوبة أخرى وهى أن شخصية المشاهد واحساساته يؤثران على تسجيل كل ملاحظة وقياسها مهما حاول أن يكون علميا وواقعيا • فالتناقض الذى يظهر فى وصف حادثة طريق يقدم مثالا بالغا للطريقة التى قد تبدو بها نفس مجموعة الحوادث البسيطة لجماعات من الناس تحاول كل منها جادة أن تقرر الحقيقة بأمانة •

ويحدث نفس الشىء فى العلم • فقد شاهد تيكوبراه الفلكى الدانمركى ومساعده كبلر واقعة واحدة ، ليس من الضرورى أن تكون حادثة طريق ، ولكنها شىء أكثر عموما ــ الشمس المشرقة • فقد استقبلت قرنيات عيونهما نفس التأثير الكيماوى للصورة ، فبينما كان « براه » يرى الشمس تتأرجح فى مدارها الدائرى حول الأرض ، اذ يرى كبلر أن الأرض هى التى تدور حول محورها تجاه الشمس • وتظهر هنا نقطتان هامتان • الأولى هى أن تفاعل الصورة الكيماوى لعين معرضة للكرة المضيئة للشمس المشرقة ليس هو التسجيل للحقيقة • فكما يقول الأستاذ هانسون ، ان الرجال هم الذين يرون ، أما آلات التصوير والعيون فهى عمياء • والثانية هى أن العلم فى تقدم • فالمشاهدات عن حركة النجوم تنمو منذ أقدم الأزمنة ، وبحلول القرن السادس عشر ، حين كان براه يعمل ، ورث من أسلافه نظاما دقيقا معقدا عن التحركات السماوية انبثق من مشاهداتهم وملاحظاتهم المبنية على الفرض القائل بأن الأرض جسم ثابت يدور حوله كل شىء آخر • ولكن عندما طور جاليليو وكبلر النظرية بأن جعلا الشمس هى المركز وقدما البراهين الرياضية لايضاح هذه النقطة ، لم تعد هناك حاجة أبدا للعودة مرة أخرى الى النظريات الأولى والتفكير فى هذا الموضوع من جديد •

وان عنصر التقدم هذا ، هو ما يميز العلم عن سائر ألوان التفكير الأخرى • فالجوارب النايلون وأجهزة التلفزيون وطائرات اليوم النفاثة قد يفكر فيها أى شخص من عهد شكسبير كأعاجيب ، بالرغم من أن تقدمنا فى الكتابة والشعر والدراما وفى سلوكنا العام وطيبتنا خلال ثلاثمائة وخمسين عاما منذ ذلك

الوقت ، من الصعب أن يقال انها تقدمت كثيرا . فاذا اكتشف عالم ما ، بواسطة فكرة منطقية وتجربة ، البنسلين أو التيريلين أو القنبلة الـذرية ، فيمكن للعلماء الذين يأتون بعده أن يتوقعوا استطاعة انتاج مضادات أحســن للميكروبات ، وخيوط أحسن للنسيج ، وحتى قنابل أكثر تدميرا .

وقبل أن ننتقل الى مناقشة العلوم ، ربما وجب أن نضع فى الاعتبار اتجـاه آخر للعلم . انه يتعلق بالمنطق . فالمنطق والمعقولية همـا بلا مراء من مكونات الطريقة العلمية ، تماما كما هما أساس الرياضيات ، والتى بدورها تعـد أداة أساسية فى كثير من الأعمال العلمية . ولكن قد لا يكون صاحب المنطق الكبير عالما جيدا ، وفى الحقيقة قد لا يكون عالما على الاطلاق . فنظريات « أكليدس » تبدأ بمجموعة من التعاريف . وعلى أساس هذه التعاريف يقام التركيب الكامل للافتراضات . وليس من المهم ، لغرض التمرين ، أن تكون التعريفات ، وهى المقدمات الأساسية ، صحيحة أو غير صحيحة . فالعملية عبارة عن تدريب على التفكير المنطقى ، وفى الواقع قد يكون أكثر طرافة أن تبدأ من مجموعة افتراضات خيالية تماما . وفى العلم ــ أى فى العلوم الطبيعية ــ نجد أنه لا داعى مطلقا للقيام بعملية الاستنتاج المنطقى ما لم تكن مجموعة المشاهدات الأساسية صحيحة . فلا بد للعالم أن يمتلك ناصية الحقيقة ، والا فلن تتأكد نتائج استنتاجاته عند تطبيق التجارب الدقيقة .

ولما كان العلم اذا أخـذنا فى الاعتبـار مفهومه العادى الذى يعنى العلوم الطبيعية يطبق على العالم والكون كما هو ، فان الأمر يقتضى بوضوح ضرورة تجميع الكثير من الحقائق عن الأحداث الطبيعية قبل أن يصبح من المجدى البدء فى التفكير عما تعنيه . فالرجل الذى لم يشاهد الا بقرة واحدة طوال حيـاته ، وكانت ذات ثلاثة أرجل فقط ، ستكون فكرته عن البقر عموما خاطئة تماما . ومع ذلك فان التجميع نفسه للحقائق ــ بكل ما يحيط التعرف على كنه الحقيقة من المصاعب التى أشرنا اليها ــ لا يكون العلم . فقد حصل الفلكيون القـدماء على كمية هائلة من المعلومات الدقيقة عن تحركات النجوم ، ولكنهم لم يحققوا فائدة تذكر من معلوماتهم فى أى وجهة علمية وذلك لعقيدتهم الراسـخة فى أشـكال منطقة البروج من جهة ، ومن جهة أخرى لاعتقادهم الوهمى بوجود مقر الانسان

فى مركز الكون ، وبذلك كان استعمال معلوماتهم فى أى ادراك علمى قليلا جدا ، وبالمثل فقد عرف علماء علم الحيوان القدماء قدرا طيبا من المعلومات عن أنواع الحيوانات المختلفة فى العالم ،ولكن قبل أن ينجح داروين فى ربط هذه المعلومات والتــوفيق بينها ، كانت العــلاقة العلميــة بين مختلف المخلوقات على الأرض غامضة تماما •

ومثل آخر أكثر عمقا للحقيقة القائلة بأن تجميع المعرفة ، مهما كان ذلك منسقا منظما ، ليس هو العلم فى حد ذاته ، يظهر فى تاريخ الكيمياء القديمة • فلمئــات السنين سجل رجال مخلصون المشاهدات عن التفاعلات الكيماوية من كل نوع • وتناثرت خلال كتب كبيرة بمعلومات عن شرب البجعة لدمائها الخاصة ، وعن حجر الفلاسفة ، وعن الدائرة الكاملة ، وعلى الرغم من هذا الخليط من الغموض المتعمد ، فقد تجمع خلال هذه السنين كمية ضخمة جدا من المعلومات الدقيقة • ومن كل هذه المعرفة ، ومن جميع هذه الحقائق التى جمعت بمشقة بالغة ، لم يظهر تقريبا شىء ذو قيمة بناءة • والسبب ، أن التفكير الذى طبق على هذه المعلومات لم يكن علميا •

ولكن بالرغم من أن الجمع المجرد للحقائق ليس هو العلم ، بل انه ليس بأكثر من جمع وقياس علب الثقاب ، فالقوانين العلمية التى تصف انتظام الطبيعة فى صيغ مفهومة قد بنيت على الحقائق • فقد أمضى تشارلز داروين خمس سنوات كشاب يتجول فى سفينة صاحبة الجلالة « بيجل » ، وجمع خلال هذا الوقت كمية هائلة من الحقائق عن الحيوانات والنباتات • وعلى أساس هــذه المشاهدات فقط ، استطاع أن يطور نظرية النشوء البيولوجية والتى تعتمد شهرته عليها • وقام لويس باستير باختبار دقيق باحث لهندسة بلورات حامض الطرطريك الذى يوجد فى براميل النبيذ • وأدى هذا الاستقصاء المحكم الى اكتشاف جديد بأن بعض البلورات غير متناسقة الأجزاء فى اتجاه يسارى وبعضها فى اتجاه يمينى • كانت هذه حقيقة ، كانت مشاهدة • وليست هذه الحقيقة ، فى حــد ذاتها ، علما ، بل معرفة تمكن بها باستير من أن يستنتج أن الخلايا الحية فقط هى التى يمكنها انتاج نوع واحد من البلورات غير متناسقة الأجزاء دونا عن غيرها • وقد توصل أخيرا ، على أساس هذا الافتراض ، الى استنتاج أن التخمر هو نتيجة لوجود

خمائر حية مع خلايا حية أخرى ، وبالتالى ـ مارا بدون عائق من الكيمياء الى علم الحيـاة ـ ان الأمراض ، مثلها مثـل التخمر ، قد تكون أيضـا نتيجـة لميكروبات حية •

ولذا فانه من الضرورى لكى نستوعب العلم ، ونحقق التقـدم فى التفكير العلمى ، أن نعرف كثيرا من الحقائق • وهنا بالذات تنشأ صعوبات التـدريس والتعـليم •

وقد أشار كاردول ، فى تاريخه عن تنظيم العلوم فى بريطانيا ، الى أنه منـذ توقف العلم عن أن يكون أولا دراسة لطبيعة وتنظيم العالم الموجود حولنا وأصبح طريقة فعالة لكسب العيش ، بدأ الاتجاه نحو التخصص • وقد أدى هذا الاتجاه الى نظام الامتحان ، الذى اتخذ اليوم صورة مدهشة تمثل سمة غالبة لنظمنـا التعليمية • وفى القرن التاسع عشر كانت قاعدة « تقسيم العمل » أكثر من مجرد طريقة تنظيمية لانجاز الأعمال ، فقد أصبحت عقيدة فى عهد الملكة فكتوريا •

ومنذ تقديس هذا المبدأ فى العقيدة الاقتصادية للثورة الصناعية ، واعتباره كجزء من قانون التقدم ، وموافقة زوج الملكة عليه ، فقد أصبح من الطبيعى أن يطبق هذا على التعليم ، وعلى العلم بصفة خاصة • وحتى منتصف القرن التاسع عشر كان التحصيل العلمى مصمما لينتج رجلا مثقفا ، وليس أخصائيا • أما التعليم العالى فقد خطط أساسا ليناسب الطبقة الأرستقراطية أكثر من مناسبته لهذا النوع من الأخصائيين الفنيين الذى نحتاجه اليوم • وقد طبق هذا فى تدريب المحامين والأطباء والقساوسة وكذلك الأشراف • وبالتالى ، فان استعمال الفكرة الجديدة لتقسيم العمل فى التجارة والصناعة ثم امتدادها الى التعليم ـ مع الاشارة بوجه خاص الى المنافسة الموجـودة فى ألمـانيا فى ذلك الوقت فى التـدريب العلمى والتكنولوجى ـ أدى حتما الى نظام الامتحانات التخصصية •

ولكن حتى فى الوقت الذى قسمت فيه المواد تحت العناوين التى نجـدها عليها اليوم ، كان هناك بعض الناس الذين رأوا أن هذه التقسيمات اختيارية الى حد كبير ، وبالرغم من مناسبة ذلك لادارة الامتحانات بسهولة ، فانه فى نفس الوقت قد يكون ذلك اقامة لأقسام لا وجود لها فى الحقيقة • وكان الشـاعر

ماتيو أرنولد ، مفتشا بالمدارس ، وابنا لأرنولد الكبير صاحب الرجبى(1) • كتب فى عام ١٨٦٨ يقول • • • • « ان الامتحانات قد تكون وقاية من شيء أسوأ • (وقد قصد بذلك المحاباة عند التعيين فى الوظائف) • وكل ما أستطيع قوله أن الأشياء التى تروق للعقل هى ما نريد ، وهذه الامتحانات لن تعطيها لنا أبدا » • وما يجب علينا نحن أبناء القرن العشرين أن تتذكره ، أنه بالرغم من أن تقسيم المعرفة العلمية الى « مواد » يعد مريحا ، وبالرغم من أن تجميد هذه « المواد » بواسطة نظام الامتحانات يمكن من تصنيف وتعليم مجموعات من الحقائق ، الا أن « المواد » نفسها ، على وجه الدقة فى القول ، لا وجود لها • فأنت اذا كنت تقود سيارة فى اتجاه الشرق من شاطىء فرنسا تجد أن طبيعة الأرض تتغير ببطء ، وتتداخل لغات الشعوب بعضها فى الأخرى لدرجة أنه ليس من السهل أن نقول متى تنتهى اللغة الفرنسية وتبدأ اللغة الفلنكية أو متى تصير اللغة الفلنكية هولندية ، أو الهولندية ألمانية • ولكن لسهولة التنظيمات الادارية فقد رسمت خطوط على أحد جانبى الألزاس واللورين ، أو بمحاذاة وادى نهر الدرو أو نهر الأودرنيس • وقبل عهد بسمارك كانت كل المنطقة الوسطى مقسمة كبلاد البلقان الى امارات ودوقيات • وبالنسبة لأوزه مهاجرة ـ أو لمسافر على متن طائرة حديثة ـ يبدو ذلك كله زائفا • وهذا ما ينطبق بنصه على حدود المعرفة العلمية •

والموضوعات التى تناولتها العلوم البحتة بالبحث هى ـ الكيمياء وتعالج تركيب المادة ، وعلم الحياة المتعلق بالمخلوقات الحية ، والطبيعة التى تعالج المواد التى يبحثها الطبيعيون (وهذا التعريف لايعد سخيفا بالدرجة التىقد يبدو بها) ـ وهذه العلوم البحتة درسها وفكر فيها لمدة طويلة رجال أذكياء ومثقفون • واستعمال هذه الفروع من التعليم فى التجارة والتصنيع والصناعة ، كان بمثابة التقدم النسبى الجديد فى التاريخ • وعندما حدث ذلك لأول مرة منذ مائتى عام تقريبا أصبح ضروريا لعدد كبير من الناس أن يدرسوا العلم • عندئذ ظهر للوجود تقسيم العلوم الى أقسام يمكن التعامل مع كل منها بامتحان منفصل • وانه فقط خلال هذه الفترة الحديثة نسبيا ، والتى تمتد بالكاد عبر القرن التاسع

---

(١) الرجبى مدينة بوسط انجلترا وبها مدرسة للأولاد معروفة بهذا الاسم .

عشر ، بدأ الرجال المتعلمون فى التفكير جديا فى المشاكل التى نعتبرها الآن علما تطبيقيا . والتكنولوجيا التى تطلق عليها حاليا العلم التطبيقى . كانت قبل ذلك ، مجالا للحرفى الماهر الذى تعلم حرفته عن طريق كونه صبيا مرتبطا بأستاذ تحصل على معلوماته العملية بنفس الطريقة . وكان ضعف هذا النظام ، يكمن أولا ، فى أنه غير بناء . فكانت أسرار المهنة تلقن عند اللزوم ، كما أن الكثير من الفنون تضمنت كمية كبيرة من التعليم . ولكن الحقيقة الواضحة عن كونها أسرارا أضفت تأثيرا غامضا على من يمارسونها . والنشر ركن أساسى للعلم كما نعرفه اليوم . فالملاحظات التى تنشر على الفور لأحد الرجال فى المقالات العلمية ، تخصب أفكار الآخر . والأسئلة التى تبرز من مجموعة من الملاحظات فى مجال علمى ما ، عندما تعرض على أناس يعملون ربما فى جبهة أخرى مختلفة تماما عن المادة ، قد تقود الى اجابة غير متوقعة .

وفى عصر ما قبل العلم كان أغلب التفكير الى الوراء وليس الى الأمام . فالكيميائى الصغير أو الجراح أو البناء أو المهندس تعلم حرفته من الرجال القدماء الذين سبقوه . وكان صناع الحرف للعلوم التطبيقية يتطلعون باعجاب الى أبطال الماضى الفنيين . واذا حدث من وقت لآخر ، كضرورة حتمية ، أن ابتكر شخص موهوب تحسينا ما — كمادة طلاء جيدة أو طريقة أفضل لحرث حقل أو بناء منزل — فان ذلك كان محض صدفة . ولم يعط أى تفكير بناء للموضوع . كما لم تكن هناك أسس تقود الى التقدم للأمام ، وكما ذكرت سابقا ، كان الناس العاملون فى التكنولوجيا فى أزمنة ما قبل العلوم — فقط مع استثناءات قليلة شاذة — غير متعلمين .

والطب فى الماضى كان فنا . وحقيقة كان من المتوقع أن يعرف الطبيب أدواته . وأن يلم بتأثيرات تشكيلة مختلفة من الأدوية المعدنية والنباتية . فالأطباء الذين استخرجوا الحصوة لـ « پيپس »(١) كانوا على درجة كبيرة من المهارة فى حرفتهم . ولكن الطب بالرغم من ذلك كان فنا . وطريقة الافصاد وكؤوس الهواء ووخز المريض كله بالابر الدقيقة ، كانت مقبولة كأجزاء من الفن ، وليست

---

(١) صامويل پيبس كاتب انجليزى مشهور (١٦٣٣ — ١٧٠٣) وصاحب اليوميات المشهورة .

كعمليات يمكن معايرة كفايتها بواسطة تجربة علمية • وكان الأطباء مدة تمرينهم يخدمون كنجارين • ولا يزال هناك حتى اليوم جزء من الفن فى الطب ، ولكن يرجع ذلك ببساطة الى أن المعـــرفة لم تكن قد اكتملت بعـــد • وعلى أى حال فالبرنامج الدراسى الطبى يقـــوم أساسا على العـــلم • فطالب الطب يدرس على الأقل سبعة علوم منفصلة • ففى علم الحياة لا بد له من دراسة الفسيولوجيـــا ــ أى وظائف الخلايا والأعضاء ؛ وشىء عن علم الأجنة ، وطبيعة الأصل ونمـــو الخلايا ؛ والباثولوجيا ، علم قواعد أمراض الأعضاء ؛ والبكتريولوجيا ، طبيعة البكتريا وقواعد تكاثرها وتصرفها • وفى الكيمياء لا بد له أن يفهم طبيعة تركيب الأنسجة الحية ؛ والمركبات الكيماوية التى تغذيها ؛ والتفاعلات التى تعيش بها ، وتركيب المواد السامة الضارة بها • والعلم الطبى الحديث مبنى اليـــوم على الطبيعة أيضا ، ليس فقط على الطبيعة الحيوية ــ أى الأسس التى بها تنتج تفاعلات الجسم الحرارة والاحتكاك والقوى الميكانيكية والشحنات الكهربائية ، ولكن الجديد أيضا ، علم الطبيعة الحديثة لطبيعة الذرة والنشـــاط الاشـــعاعى وتأثيرهما على الأنسجة الحية •

والهندسة نشاط حديث مميز يشاهد فيه مجموعة من العلوم تدرس كل منها على حدة وتستعمل مجتمعة فى تطبيق فعلى لخدمة غرض واحـــد • والدراسات الأساسية التى تعتمد عليها كل فروع الهندسة هى العلم المطلق ؛ وبالذات الطبيعة والرياضة والكيمياء ، وبالمثل الأحياء فى بعض الأحيان • وانه من الطريف ، مع وضع هذا الأساس الجديد فى الاعتبار ، أن نعود الى الوراء لنسترجع التعريف الأصلى للهندسة الذى وضع فى عام ١٨٢٨ بالنسبة لأهدافها ووظائفها فى المرسوم الخاص بجمعية المهندسين المدنيين • فهو يصف الهندسة المدنية ــ وهو النوع الوحيد من الهندسة المتعارف على وجوده حينئذ بخلاف بنـــاء « ماكينـــات الحرب » ــ بأنها « فن توجيه مصادر القـــوى العظيمة فى الطبيعة لاســـتعمال الانسان وراحته ، كوسائل الانتاج ووسائل المواصلات فى البلاد ، وكلاهمـــا للتجارة الداخلية والخارجية ، وذلك باستعمالها فى بنـــاء الطـــرق والكبارى ، ومجارى المياه والقنوات ، والملاحة النهرية ، وأرصفة للمواصلات الداخليـــة وعمليات التبادل ، وفى بناء الموانىء والمرافق والسدود وحـــواجز الأمواج ،

والفنارات ، وفى فن الملاحة لأغراض التجارة بواسطة القوى المصنعة ، وفى صنع وتجهيز الماكينات وفى عمليات الصرف للمدن الصغيرة والكبيرة » .

ومنذ كتابة هذا التعريف انقسمت مهنة الهندسة الى اختصاصات ـ مدنية ، وتنقيب وتعدين وميكانيكية ، وكهربائية ، وكيميائية وكثير غيرها ـ أسـوة بما انقسمت اليه العـلوم عند ممارستها . وعلى أى حال فاتنا نجارى ما يفخـر به المهندسون من أن تخصصهم يؤهلهم لمنصب عال فى المجتمع حيث « انه جمع بين أركان التعامل الأربعة وهى الرجال والنقود والأساليب والمـواد » . على أنه بالنسبة لأهداف مناقشاتنا ، فالموضوع فى نظرتنا الحديثة ، يقـوم على تقسيم مجموعة واحدة من العلوم ، هى فى الواقع متشابكة فى المجال العملى للهندسة ، ولا بد للمهندس الموفق من استعمالها مجتمعة لاضطراره الى التعامل مع المواد المتنوعة التى تظهر عند مباشرته لأى مشروع هندسى .

خذ فى الاعتبار أيضا العمليات الخاصة بالمهندس الكيميائى . فالكيميائى يتتبع تخصصه الكيميائى الدقيق عند قيامه مثلا بتركيب كيماوى جديد ، وليكن مطهرا . ولكى يفعل ذلك عليه أن يجرى سلسلة من التفاعلات ، كخلط عـدة محاليل ببعضها ، وغليانها ، وترشيحها ، وتمرير غاز الكلورين فيها وربما رج المخلوط فى الكوروفورم بعد ذلك . ودعنا نفترض أن المادة الجديدة التى أنتج منها عدة جرامات وجدت صالحة لدرجة كبيرة ، وأنه تقرر صنع أطنان منها . ويستلزم هذا تكبير مقياس العمليات مليون مرة . ومنذ حوالى جيـل مضى ، عندما استعملت قاعـدة تقسيم العمل فى التدريس وفى التطبيق للعلوم بصرامة أكثر مما هو عليه اليوم ، كان على الكيميائى أن يعطى المهندس سلسلة عملياته التى أجراها فى أنابيب الاختبار والقوارير والكؤوس . وعندئذ يبدأ المهندس فى انشاء مجموعة من الصهاريج والطلمبات وملفات التسخين والمرشحات ليفعل فى المصنع ، وعلى نطاق واسع ، ما قام به الكيميائى فى معمله . وبقليـل من التفكير سيتضح لنا أن ذلك غالبا ما يؤدى الى نتائج مضحكة وغير عمليـة . فتكبير المقياس ، كما نسميه ، هو عمل تحايلى . فنحن نقول للأطفـال أنه لو كان البرغوث كبيرا كالحصان لأمكنه القفز فوق كنيسة . وهذا ليس بصحيح . فهو قد يشد عضلة ولا يمكنه القفز بتاتا . فليس من السهولة التعامل مع الحجم

بهذه الكيفية . فالفأر الذى يقع من فوق مرتفع ، ينهض عند أسفله ويجرى ؛ أما الكلب فان رجله تنكسر ويرقد عاويا ؛ أما الحصان فينفجر محدثا رذاذا .

ومن السهل على الكيميائى أن يسخن أنبوبة اختبار فوق موقد بنزن ، ولكن الأمر يختلف تماما بالنسبة لمهندس فى مصنع كيماوى عليه أن يسخن صهريجا سعته خمسون ألف جالون . وأحد الأسباب أن الوقت المطلوب للحصول على درجة الحرارة المطلوبة قد يكون أطول بكثير ، مما قد يؤثر بسهولة على نجاح التفاعل . ونفس الشىء ينطبق على عمليات التبريد التالية والتى قد تكون مطلوبة . فأنبوبة الاختبار وهى فى درجة الغليان ، اذا تركت لشأنها ، فانها سريعا ما تبرد الى درجة حرارة الغرفة مرة أخرى . أما الصهريج الكبير فقد يحتاج الى ساعات أو أيام ، وهذا الامتداد فى الفترة عند درجة الحرارة المرتفعة قد يفسد المنتج الذى كان يراد اعداده . وبالمثل ، ففى الوقت الذى قد يكون ترشيح جرامات قليلة من الرواسب من كوب مملوء بالسائل سهلا تماما ، فان ترشيح طن أو ما شابه معلقا فى آلاف الجالونات من المحلول قد يثبت أنه صعب تماما ، أو حتى مستحيل . وثمة عملية أخرى قد يزداد تأثرها جذريا بتغيير المقياس . فانه من الضرورى غالبا فى العمليات الكيماوية أن نمرر غازا ما ــ كلوريد الأيدروجين أو ثانى أكسيد الكربون أو هواء ــ خلال سائل ما . فعلى النطاق الضيق وبالحجم الصغير من السائل يمر الغاز سريعا خلال الارتفاع البسيط للمحلول فى كأس مثلا . أما على النطاق الواسع فان الارتفاع الكبير للسائل يعطى الغاز فرصة متزايدة وغير متناسبة لكى يتفاعل أثناء مروره الى أعلى السطح .

لكل هذه الأسباب فالهندسة الكيميائية لا يمكن أن تكون ببساطة تطبيقا للكيمياء فى ناحية يتبعه تطبيق للهندسة فى الناحية الأخرى . فالمهندس الكيميائى يحتاج الى فحص سلسلة العمليات الكيماوية بعين جديدة . وفى الواقع ، ليس من الضرورى عليه أن يتعرف على التفاعلات الكيماوية ، انما على العمليات الأساسية التى تتضمنها العملية كلها . فالتسخين والتبريد يصبحان تبادلا للحرارة ــ الحرارة تمر من العامل المسخن ، ملف بخارى مثلا ، الى المادة التى يجرى تسخينها . والترشيح يصبح فصلا للمادة الصلبة عن السائل وهكذا . وعندما ينظر المهندس الكيميائى الى سلسلة التفاعلات الكيماوية بهذه الطريقة

فانه غالبا ما يسوى بيان حساباته ، حتى أن الحرارة المنفصلة عند نقطة ما مثلا ، يمكن استعمالها عند مرحلة تالية فى سلسلة العمليات • وهذا فى الغالب يسمح بتحويل العملية ذات المقياس المكبر الى عملية متصلة ، ينتظم فيها سريان سيل من المواد الكيماوية المطلوبة من مرحلة الى أخرى ، وتصبح الحاجة لتداول الكميات الكبيرة ـ مضاعفات ملايين المرات لكميات المعمل ـ لا داعى لها مطلقا • لذلك ، ولأوضاع كثيرة عن واقع الحياة ، فان علم الكيمياء وعمليات الهندسة المبنية على أساس علمى ، لابد وأن يمتزجا لتحقيق نتائج فعالة •

وللناس عادة نظرة غريبة مزدوجة للعلم • فمن ناحية، تؤخذ العلوم فى المدرسة أو فى الجامعة أ وحتى فى معامل الأبحاث ، على أنها منفصلة تماما أحدها عن الآخر • والكيميائى ليس وحده الذى يشعر بأن اهتمامه وفهمه غريبان تماما عن الأحياء أو الطبيعة • فغالبا نجد أن الذى يعمل فى مجال الكيمياء الطبيعية ، يعتبر نفسه فى اختصاص مختلف عن الذى يعمل فى الكيمياء الحيوية • بل أن الأمر قد يذهب الى أبعد من ذلك ، فالمتخصص فى مركبات أوكسيدات الفسفور لا يجد أى اهتمام فى اكتشاف جديد للكيمياء عن الزنك مثلا • ولكن فى نفس الوقت الذى يبدو فيه أن الاختلاف يتسع أكثر فأكثر بين ، ما هو فى الحقيقة ، موضوعات علمية وثيقة الاتصال ، فانه من المفروض عموما فى مجال العلم التطبيقى ، أن يكون ما هو فى الحقيقة مزيج من نظم للمعرفة مختلفة بوضوح تام ، أن يكون ذلك موضوعا واحدا •

وعندما نشير الى « أعاجيب العلم » ، فاننا غالبا ما نعنى التليفزيون ، أو محطات القوى الذرية ، أو الطيران • وعلى أى حال ، فان كلا منها تعتمد على دراسة مركبة • فعلم الطيران مثلا ، لابد أن يتضمن كمية كبيرة من أحدث الاكتشافات الكيماوية • فالمحركات النفاثة لم تكن ممكنة الا بنمو سبائك معدنية هائلة جديدة ، والتى بجانب أنها خفيفة وقوية ، لها أيضا خاصية مقاومة درجة الحرارة المرتفعة • والوقود الذى تدار به هذه النفاثات لابد أيضا أن يكون له التركيب الكيماوى المناسب • ويدل هذا على أنه لابد لخبير علم الطيران ، بالنسبة للكيمياء فقط ، أن يكون متمكنا فى مجال واسع من المعلومات يمتد من الكيمياء غير العضوية للزنك والألومنيوم والمغنسيوم والكروم والحديد وستة معادن أخرى بالمثل ، عبر الطريق كله الى الكيمياء العضوية

للهيدروكربونات والكيمياء الفيزيائية للحركة الناتجة من احتراقها • وعمليا لا يترك هذا الاتساع فى المعلومات لعالم واحد ، بل يتطلب الأمر المعرفة المشتركة لفريق منهم •

وواضح أن علم الطيران يشمل الفيزيقا كما يشمل الكيمياء • ولست أعنى أن الأمر ببساطة يتطلب فهم قانون الجاذبية وحركة الأجسام الساقطة • فبجانب هذه المعرفة الأساسية ، هناك حاجة الى فهم سديد للقوانين المتحكمة فى المعدات الكهربائية الموجودة فى الطائرة • وتلك وحدها فى هذه الأيام لها خواص متباينة للغاية • فعمل المولد(١) الذى يعطى الاضاءة الكهربائية فى الكابينة هو بالتأكيد جزء من الفيزيقا الكلاسيكية التى تدرس فى المدارس ومستنبطة من اكتشافات فاراداى • ولكن الكاشف (٢) الذى يلتقط موجات الراديو من شبكة مثلثة للاشارات اللاسلكية الموجهة تلقائيا ، وبه حاسب الكترونى يسجل باستمرار مسار الطائرة على خريطة ، فهو مستوى مختلف تماما من مفهوم علم الفيزيقا وتطبيقاته • حتى البوصلة التى تمكن الطيار من أن يطير بسلام فوق القطب المغناطيسى مباشرة أثناء فترة نشاط للبقع الشمسية ، تمثل حقا انجازا للفيزيقا التطبيقية •

وفى هذه الأيام أيضا ، لابد أن يلم علم الطيران بعلم الحياة الى جانب المامه بالفيزيقا والكيمياء • فضمان تثبيت الضغط من عدمه فى قمرة قائد الطائرة يعتمد على مقدرة الطيار فى مقاومة الضغط البارو مترى المنخفض عند الارتفاع الذى يتوقع أن يطير عليه • وثانيا ، فان كرسى القفز الاضطرارى ، بالرغم من أنه أعجوبة هندسية ، فلا قيمة له اذا كان معدل زيادة السرعة التى يكسبه لجسم الرجل الجالس فوقه أكبر مما تتحمله نظمه البيولوجية •

واهمال قانون بويل فى مغزاه البيولوجى ، أدى الى ضياع مجموعة هائلة من التحسينات فى علم الطيران فى أثناء الحرب العالمية الثانية • كانت التجارب تتقدم بالنسبة لنوع جديد من الطائرات المصممة لما يعد فى ذلك الوقت ، سرعات كبيرة عند ارتفاع عال • فكانت الماكينات تختبر مقدما بأكملها ،

(١) Magneto.
(٢) Predictor

واستعملت أنواع من الوقود ذات تركيب مناسب . وجربت ترتيبات الاقلاع والهبوط ، وأخذ فى الاعتبار علم الحياة ، على الأقل فى حدود تزويد الرجال بأقنعة الأوكسجين ليتنفسوا ، واستعمال الوسائد لمنع الاصابة فى أثنـاء أكثر الحركات عنفا للطائرة . ولكن ما أن وصلت الماكينـات الى الارتفـاع الذى صممت لأجله ، حتى قاسى الطيارون آلاما حادة أجبرتهم على انزالها ثانية . لقد كان ذلك كله خيبة أمل شديدة .

والآن ، فقانون بويل يقرر أنه اذا كانت درجة الحرارة ثابتة ، فحجم كمية معينة من الغاز يتغير عكسيا مع الضغط الواقع عليه . أى أنه كلما قل الضغط زاد الحجم . ويبدو أن الطيارين قبل الاقلاع اعتادوا تناول وجبة خفيفـة من البقول المطهية مع الخبز المقدد . وأنها لحقيقة بيولوجية معـروفة أن المـواد شبه السيليولوزية فى البقول ، التى تتحلل فقط بصعوبة بواسـطة الخمـائر الهاضمة فى القنـاة الهضمية للانسان ، تتخمـر بدورها فى الأمعـاء بواسـطة كائنات حية دقيقة منتجة لما يسميه قانون بويل « كمية معينـة من الغـاز » . وكلما قـل الضغط البارومترى فى الطائرة بزيادة الارتفاع ، تغير حجم هـذا الغاز عكسيا وازداد . وقد منعت المتاعب الناتجة عن ذلـك الطيـارين من أداء واجباتهم . وبالتالى ، فقد كان هذا الاهمال لعامل بيولوجى واحد هو الذى أدى الى ضياع ما أنجزته الكيمياء الفيزيقا .

والعلوم الأساسية ، كما سبق أن قلت ، هى الكيمياء والفيزيقا وعلم الحياة . ومن تلك ، وفى مجالات أخرى منفصلة عنها ، نجد موضوعات أخـرى أمكن اعتبارها أساسية بقدر كاف لترقى كمفردات مدرسية قائمـة بذاتها فى جامعات لها قيمتها . فالجيولوجيا ، مثلا ، جـزء من الكيمياء لأنهـا تبحث فى تكوين المادة . ولكن بسبب بحثها لتكوين وتركيبات الصخور المكونة للأرض ، فمن الواضح أنها نوع خاص من الكيمياء . وبجانب هذا ، فهى متصلة بعلوم أخرى . فعلم الحفريات (١) هو ذلك الجـزء من الجيولوجيا المتعلق بآثار الحيوانات

(١) Palaeontology.

والنباتات المدفونة حاليا فى الأرض ، وهى نفسها بالتالى جزء من علم الحياة ، بينما يناقش « علم الكون » (١) العلاقة بين الأرض والمجموعة الشمسية والكون ويربطها بعلم الفلك • فالفلك ، كالجيولوجيا ، علم قائم بذاته أيضا ، بالرغم من أنه يمكن المجادلة فى أنه بدوره يتكون من الكيمياء والفيزيقا •

ومن الواضح أن علم النبات وعلم الحيوان أجزاء من علم الحياة ، ولكن لاتتسابهما الى نطاقات منفصلة كبيرة من المعرفة ، فالتفكير فى أنهما جديران بدراسة منفصلة على مستوى أساسى يجد ما يبرره • وعلى أى حال ، فعندما نأتى الى تقسيم المعرفة الى مجموعات مبنية على الحدود الفنية مفضلين ذلك على الحدود الطبيعية ، فمن المهم لنا أن نعرف بالضبط ما نحن فاعلون •

وتقسم العلوم أحيانا الى ما يسمى « بالعلوم البحتة » ، ومنها الديناميكا الرياضية التى استعملها اسحق نيوتن فى وصف قوانين الحركة والتى قد تكون أبلغ مثال لذلك ، والى « العلوم الوصفية » التى تحوى مواد مثل علم النبات وعلم الحيوان • فعلم النبات يجب أن يتضمن مواد وصفية كثيرة ، حيث يحتاج علماؤها الى وصف جميع النباتات المختلفة التى يقابلونها • وعلى أى حال ، فهذا الوصف فى ذاته لم يكن أكثر « علمية » من كمية الوصف الهائلة عن المركبات المختلفة التى عرفها الكيماويون القدماء • وفى الواقع ، كلما زادت وصفية العلم قلت علميته • وعلى أى ، فقد استعملت المعلومات الوصفية النباتية عن لون البازلاء الحلوة الطعم ، بطريقة علمية بواسطة « مندل » عندما استنبط منها قوانين الوراثة التناسلية • والحقائق عن جميع أنواع الموضوعات قد يكون لها فائدة عملية مباشرة لا بأس بها • فالرجل الذى قضى كل حياته فى مصنع للتخمير سيعرف كيف يصنع البيرة • ونحن قد نكرم ما يعرفه بتسميته « علم التخمير » ، تماما مثلما يرجع رجال آخرون الى المعلومات عن حرفهم الخاصة باعتبارها « علم الألبان » أو «علم التجميل» أو حتى «علم التموين»•

Cosmology. (١)

وهذه جميعا ، بدون شك موضوعات دراسية هامة ومشوقة ، ولكنها ليست علوم • وهى فى الغالب تطبيقات للعلم فى موضوعات معينة عملية وتخصصية • والواقع انه عندما تتضح قاعدة عامة لنظام وترتيب فانه يمكن عندئذ فقط أن تصبح مجموعة المعلومات علما •

وحتى الآن فقد استشهدت عموما بالعلوم المختلفة ، وكيف أنها بينما تنفصل كل منها عن الأخرى فى النطاق الواسع الذى تغطيه من المعرفة ، تختلط وتتداخل أكثر فأكثر كلما كبرت مفاهيمنا الجديدة لها • وقبل أن نبدأ فى مناقشة مجال العلوم وحدودها من المفيد أن نذكر شيئا أكثر عن الرياضيات وكيف أنها بالرغم من كثرة تداخلها عن قرب فى العلم ، ظلت مع ذلك موضوعا مميزا •

وقد سميت الرياضيات بملكة العلوم وخادمتها • فهى فى اعتبارات كثيرة تمثل التفكير المجرد فى أعلى مستوياته • فالعلم — أى ، العلوم الطبيعية التى تحدثنا عنها — يتعلق دائما بشىء له وجود حقيقى ، سواء كانت الأسس للفيزيقا النووية أم للكيمياء عن أملاح هيدروكبريتات المغنسيوم (١) • والرياضة ، على أى حال ، منهاج عقلى مبنى فقط على أفكار مجردة • فبالرغم من أن العالم يداوم على الحساب الا أنه دائما يعدد الأشياء • والرياضى من الجهة الأخرى ، يهتم بالأرقام نفسها • فعدد ، مثل ١٤٤ ، ليس له وجود راسخ • انه مجرد فكرة أل ١٤٤ • وحتى التصور الأكثر سفسطائية للجذر التربيعى للعدد (— ١) ليس له أى كيان مادى • ومع ذلك فقد تمكن العلماء من تحقيق تقدم هام باستعمال الأرقام والأفكار الرياضية التى تجمعت بالتأكيد منذ عصور ما قبل التاريخ • وقد يمكن المجادلة فى أن الأرقام والقياسات ، والأفكار الرياضية التى تتطور عنها ، لها قيمتها بالنسبة للعلم بقدر ما تكون الألفاظ • فالكلمات أيضا مجردة • ويقول المثال « الكلمات القاسية لا تكسر أى عظام » • ومع ذلك فالكلمات — درجة الحرارة ، الفولت ، الجرام الجزيئى — تعد جوهرية فى معالجة الأفكار التى يتعامل بها العالم •

---

(١) ماكب أ ٤ ٧ يد ٢ أ ($Mg\ SO_4\ 7\ H_2O$)

والرياضة ، على أى حال ، أوثق ارتباطا بالعلم فى أساليبها من اللغة • فالرياضة مبنية على المنطق والسبب ، وكذلك العلم • والطرق الذهنية التى تتم بواسطتها الاكتشافات الرياضية تحمل علاقة قريبة بتلك التى تحدث بواسطتها الاكتشافات العلمية • وعلى سبيل المثال ، فعملية الضرب بالنسبة لطفل مدرسى حديث تمثل صعوبة بسيطة ، لأن طريقة الضرب قد تم اكتشافها مع أن المصريين كانوا حتى عام ١٦٥٠ قبل الميلاد ، يستطيعون فقط القيام بعملية الضرب بطريقة المضاعفة الشاقة • وبالمثل ، يقوم طالب القرن العشرين بعمل المعادلات الكيماوية بدون صعوبة بعد ما بين دالتون ومن تبعوه للعالم العلمى كيفية عملها •

والعلم ــ أى ، العلوم كلها ــ يعتمد فى تقدمه على اقامة فرض مبنى على المعرفة والمشاهدة المنظمة ، ويثبت بواسطة اختبار وتجربة تالية • ولكن من الخطأ أن تتصور أن أى شخص يستطيع القيام باكتشافات ويطور العلم بمجرد تجميعه لمشاهدات « علمية » كافية • فكثيرا ما نرجع الى كتاب فن الطهى للسيدة بيتون فى طريقة طهى الأرنب البرى بداخل الدورق والتى تبدأ بـ « امسك أرنبك أولا » • ولم نزود بأى تعليمات مثلا عن كيفية عمل ذلك • وبالمثل فى العلم ، ليس لأحد أن يقترح كيف يتوقع المشتغل بالعلم أن يلتقى بالفرض الذى عليه أن يختبره قبل غيره • لابد أن تقتنع بأن هذه ومضة للبديهة • « فالاكتشافات تأتى الى العقل المتحفز » • ويطبق نفس الوضع بالنسبة للرياضيات • فالاستعمال المنتظم للكسور العشرية ، التى تعد اليوم ميزة رياضية شائقة ، تأسس لأول مرة بواسطة سيمون ستيفنز فى عام ١٥٨٥ • وبعد ثلاثين عاما تقريبا أدرك جون نابيير الاكتشاف المتناسق للوغاريتمات • وعندما يظهر أى اكتشاف فى الرياضة ــ كما فى العلم ــ فهو غالبا ما يبدو واضحا للناس الذين يأتون بعد ذلك • والحقيقة فى أن كل اكتشاف متوال يمكن استعماله كحجر للخطو عليه الى الذى يليه ، تعطى العلم ــ وكذلك

الرياضيات ــ صفتها المميزة فى التقدم . فقد قدم نيوتن وليبنز ما بين عام ١٦٧٣ ، ١٦٧٦ الاكتشاف الرياضى الرئيسى لعلم حساب التفاضل والتكامل[1]. وكل من هذين الرجلين كان متأثرا بدراسته لأعمال الرياضيين الآخرين ، ولكن كل ما نستطيع أن نقوله عن هذا الاكتشاف أنه كان عملا عبقريا . وفى الواقع لم يستطع أى مخترع أن يؤسس التفاضل والتكامل على أسس منطقية سليمة حتى بعد أن اكتشفها ووجد فضائلها الغريبة فى الناحية العلمية .

ولغة الرياضيات ، اذا حرصنا على وصف الأساليب المنطقية التى تحتويها باللغة ، تستعمل كأداة ضرورية فى كل العلوم الحديثة . فعلم الوراثة فى الأحياء[2] مبنى أساسا على أفكار رياضية . واختبار الفيتامينات وقياس التسممية للعقاقير بالمثل تعتمد فى جزء كبير على الرياضة . وعمل المخ والجهاز العصبى ، كما سنناقشه فيما بعد ، والذى يشابه عمل الحاسب الالكترونى ، له أيضا أسس رياضية . والكيمياء الفيزيقية تصور رياضى كبير ، والفيزيقا نفسها تستعمل الرياضيات فى كل نقطة تقريبا . وربما لا يكون اعتماد العلوم على الرياضيات مثيرا للدهشة ، حيث انها تختص لدرجة كبيرة بقياس واحصاء مشاهدات الفيزيقا . ومع ذلك ، فهى على كل تهيىء صلة أخرى بينها .

لقد أكدت فى هذا الفصل من الكتاب الحقيقة بأنه عند استخدام العلم عمليا ــ فى الطب ، والزراعة أو فى الهندسة ــ نجد أن علوما مختلفة هكذا سميت ــ عادة ما تتمازج ببعضها . ولا أريد مع ذلك أن أدفع هذه الفكرة بعيدا جدا . فبالرغم من أنه فى أعماق النفس قد يمكن اعتبار علم الحياة كيمياء ــ فمثلا الكلب ، متخذينه كيفما اتفق أحد الوجود البيولوجى ، سنجده بالتأكيد لو قسمناه بما فيه الكفاية مكونا من جزئيات وذرات كيمائية ــ فمع ذلك ، يمتلك البيولوجى كمية كبيرة من المعلومات المفيدة عن الكلاب وصغارها، وعن عاداتها وصحتها وامكانياتها والتى لا يعلم الكيميائى عنها شيئا . ولذلك ، فسأحاول فى الفصول القليلة القادمة أن أصف المجال الخاص للعلوم المختلفة ، وكذلك النقط التى عندها يمتزج أحدها فى الآخر .

---

(١) Calculus.

(٢) Biology.

الفصل الثانى

مدى ما وصلت اليه الكيمياء

الكيمياء هى ذلك الفرع من العلوم الطبيعية الذى يتناول تركيب المادة . ولما كانت المادة الحيوانية نوعا من المادة ، فان دراستها تعتبر جزءا من نطاق الكيميائى الحديث . ويتبع هذا بالتالى أن تصطدم الكيمياء فى هذا الاتجاه بعلم الحياة ، ذلك لأن الحيوانات بتكوين وتركيب أنسجتها هى وظيفة عالم الحيوان والكيميائى على حد سواء . والفصل بينهما اختيارى تماما ، فهو فى الحقيقة ، موضوع تأكيد أكثر منه مادة ، ومن ناحية أخرى ، تعود الكيميائى دائما على استعمال طرق فيزيقية فى عمله . فاللون ، خاصية فيزيقية للمادة وليست كيميائية ، ومع ذلك فالكيماويون يستعملون الألوان كايضاح تميزى . فمثلا ، محلول كبريتات النحاس لونه أزرق . فاذا كان المطلوب معرفة كمية كبريتات النحاس الموجودة فى أى محلول معين ، فهذه يمكن قياسها بتقدير المدى الذى يكون عليه المحلول أزرق . ويمكن عمل ذلك اما بمقارنتها بواحدة من مجموعة محاليل متدرجة معروف قوتها ، أو بالمفهوم الحديث ، بواسطة « الفوتومتر الطيفى » (١) ، أو بواسطة « مقياس الامتصاص » (٢). ولكن هذه الأجهزة تقوم بعمل قياسات فيزيقية ، مبينة على امتصاص الضوء وفقا للتشكيل الذرى لمركب كبريتات النحاس . وتصبح الطريقة لذلك مسألة فى الفيزيقا بقدر ما هى فى الكيمياء .

---

(١) Spectro-photometer

(٢) Absorptiometer

واستعمال الحرارة ، كاستعمال الضوء ، يعاون أيضا على ادماج الكيمياء بالفيزيقا ويجعل الفرق المتعارف عليه بينهما اختياريا وزائفا • وقد جاء العصر البرونزى قبل العصر الحديدى ببساطة لأن الناس فى العصر البرونزى لم يكن فى استطاعتهم انتاج نار ذات حرارة كافية لصهر الحديد • وبالمثل ، جاءت الكيمياء لتعنى دراسة مركبات المادة ، التى تترابط فيها الذرات بالالكترونات فقط المحيطة بنواها كغلاف غير محكم • ويمكن احداث اضطراب فى هذه الالكترونات باستعمال كميات متوسطة نسبيا من الطاقة ، كالحرارة مثلا ، فخشب عود الثقاب مركب من الكربون والهيدروجين • واذا استخدمت الحرارة - بحك عود الثقاب - كان ذلك كافيا لكسر أغلفة الالكترونات ، فتنفصل ذرة الكربون بعيدا وتتصل بذرة الأوكسجين من الهواء • ولنا مطلق الاختيار فى أن نصف العملية الممثلة فى احتراق الثقاب بأنها تفاعل كيماوى • ولكن فى مدى حياتنا هذه انتقلنا من عصر برونزى الى عصر حديدى باكتشاف كيفية استخدام انشطار اليورانيوم المشع - فى صورة قنبلة ذرية - لاعطاء درجة حرارة مرتفعة تكفى لشق ، ليس فقط الغلاف الالكترونى الذى تعودنا أن نمارسه فى كيميائنا التقليدية ، بل أيضا النواة الأكثر تماسكا • وبهذه الوسيلة لا يمكننا تغيير المركبات الكيماوية فحسب ، بل أن ما نعتبره حتى الآن عناصر كيماوية يمكن تحويل أحدها الى الآخر • ونسمى فى الوقت الحاضر هذا النوع من التفاعل فيزيقا وليس كيمياء ، ولكن الفرق فى الواقع يكون متعلقا فقط بالكم وليس بالنوع • فنحن فى كلتا الحالتين نتناول مع تكوين المادة ذاتها •

ومن المهم أن نتتبع الطريقة التى تطورت بها الكيمياء ، والتى تتطور بها بمعدل متزايد ، الى خليط من الكيمياء والفيزيقا • فقد كانت الكيمياء منذ وقت ليس بالبعيد ، علما وصفيا ، تماما كما كان ، وما زال الى حد بعيد ، علم النبات • ولاحظ الكيماويون أن هناك تنوعا فى المواد على الأرض ، كل منها من نوع مختلف • وأبسط طريقة علمية للتمييز بين مادة كيماوية وأخرى أن تنظر اليهما • اذ يمكن التعرف على المركبات المختلفة بواسطة اللون أو اللمعان أو المظهر التركيبى ، أو بالوزن النسبى • ويلى ذلك عدد من الحيل الكيمائية البسيطة التى يمكن بواسطتها تقييم خواص مادة معينة • فبعض المواد تذوب فى الماء

وبعضها لا يذوب ، والبعض يحترق ، وبعضها يذوب فى الحامض ، ويمكن عند اذابتها أن نجعلها تكون راسبا بتمرير غاز كبريتيد الهيدروجين فيها • كما أن درجة الحرارة التى تنصهر عندها المادة أو يغلى عندها السائل قد يمكن استخدامها كعلامة مميزة للتعرف عليها • ويمثل هذه الملاحظات التى تتزايد درجة تعقيدها تدريجيا ، ظهر أساس نظام للتحليل •

وربما كانت الكيمياء عثرة الحظ فى كثرة المعلومات عن الذهب والفضة والحديد والنحاس ، وعن الجير والمحلول القلوى والنشادر ــ ويوجد فى الواقع اثنان وتسعون عنصرا طبيعيا موجودة على الأرض وزمرة من المركبات التى يمكن أن تتكون منها ــ كان هذا يعنى أن المنطق العلمى الجديد للقرن السابع عشر البطولى ، غير قادر على مواجهة هذا العبء • فتركت الكيمياء حتى القرن التاسع عشر تحت سطوة من العقيدة التى كان مجرد معارضتها يعتبر خطيئة • فنظرية الفلوجستون ، التى ظهرت فى القرن الثامن عشر ، كانت محاولة لشرح ظاهرة التغير التى تحدث عند احتراق المادة • وهذه النظرية ، رغم أنها خاطئة ، كانت البداية لتقدم جذرى نحو الكيمياء • وبين عام ١٧٠٢ ، وقت أن اكتشفها شتال(١) ، وعام ١٨٠٧ تقدمت بسرعة عملية تجميع المعلومات الدقيقة عن الكيمياء كما ندركها بمفهومها الحديث ، وأدت الى الخطوة الأولى نحو فكرة متماسكة عن طبيعة المادة الكيميائية •

وكان القرن السابع عشر هو وقت عمالقة المفكرين فى علوم غير الكيمياء ، وبالأخص فى علم الفيزيقا • ففى كلمات للشاعر الكسندر بوب :

لقد اختفت الطبيعة وقوانين الطبيعة فى ظلمة الليل ، فقال الله كن يانيوتن فكان وعم النور كل شىء •

وقد صور نيوتن الذرة ، وهى أصغر جزء للمادة ، على أنها « جزء صلب متحرك لا يمكن اختراقه •••••• ومتماسك لدرجة أنه لا يبلى ولا يتحطم أبدا • وأنه لا يمكن لقوة عادية أن تقسم ما صنعه الله ولحدا ، فى بدء الخليقة• وفكرة أن المادة لا يمكن خلقها أو افنائها قادت الى قانون بقاء المادة ، وهى

(١) Stahl

فكرة موجودة فى نظرية دالتون الذرية ، التى أعطتنا على الأقل نصف ما نعتبره الآن كيمياء » •

وكان نيوتن عام ١٦٦٠ يضىء العلوم التى يمسها ، أما دالتون ، الذى بدأ يجعل الكيمياء منظمة ومفهومة ، فقد كتب أول مقالة هامة له فى عام ١٨٠٣ • فوضع ثلاثة فروض عن حقائق التركيبات الكيماوية•فافترض أولا ، أن كل عنصر كيميائى يتكون كلية من نوع من الذرات خاص به ، ومختلف عن أى نوع آخر ، وأن جميع ذرات العنصر الواحد متماثلة ، وبالذات فى الوزن • ومن ناحية أخرى ، فذرات العناصر المختلفة ، تختلف فى خواصها ، وبالذات ، فان لها أوزان مختلفة • وثانيا ، أن المركبات الكيمياوية تكونت كلية من أجزاء متماثلة ، تسمى الآن بالجزىء ، وكل منها يتكون من عدد محدد من ذرات للأنواع المنفصلة من العناصر التى تدخل فى تكوينها • ويستدل من ذلك على أن أى مركب معين يحتوى دائما على نفس النسبة من عناصره المكونة • فلو وجد مركبان يحتويان على نفس العناصر فان كميات أحد هذه العناصر التى تتحد مع وحدة كمية عنصر آخر ، توجد دائما بنسبة أعداد صحيحة • وافتراض ثالث منبثق من الآخرين هو أن يكون التفاعل الكيماوى متكونا من اعادة توزيع الذرات ، بحيث أن الجزئيات الأصلية تتحطم ، وتتكون جزئيات أخرى جديدة تحتوى كلها مجتمعة على نفس العدد لنفس النوع من الذرات • فالتفاعل لم يحطم أى من الذرات الأصلية ، ولم يخلق أى ذرات جديدة •

وطريقة دالتون فى التفكير عن مختلف « الكيماويات » المعروفة للعلم — أى جميع المركبات الكيماوية — وعن تفاعلات المركبات الكيماوية احدها مع الآخر ، والتى كان بعضها معروفا بالممارسة منذ عصور ما قبل العلوم ، وبعضها تجمع خلال القرن الثامن عشر بواسطة بلاك فى اسكتلنده ، وبريستلى وكافندش فى انجلترا ، وشيله فى السويد ، ولافوازييه فى فرنسا ، وغيرهم ؛ قادت الى « الآراء » الحديثة عن الكيمياء فى ماضينا القريب • فأسس دالتون النظام الحديث للقوانين والمعادلات الكيميائية ، التى تصف المواد الكيماوية فى تعبيرات مضبوطة ، وما يتم عند حدوث التفاعلات الكيماوية • وفكرة الوزن الذرى كخاصة وصفية لكل عنصر أو مركب خاص ، كانت فرعا مثمرا آخر لطريقة تفكيره •

فأعطى الهيدروجين ، وهو أخف عنصر ، وزنا ذريا مساويا للعدد «واحد» . وبمقارنة الأوزان النسبية للعناصر المستقلة فى عدد من المركبات التى تحتوى عنصرا أو أكثر مشتركا بين كثير منها ، أمكن ترتيب العناصر تحت نظـام تزايدى من الأوزان الذرية ــ فكان الليثيوم وزنه ٧ ، والبريليــوم ٩ ، والكربون ١٢ ، والنيتروجين ١٤ ، والأوكســجين ١٦ وهكذا حتى الرصــاص ٢٠٧ ...... وما يليــه .

وبعد نصف قرن من اكتشاف دالتون لنظريته الذرية فى الكيمياء ، لفت نيولاندز الأنظار الى نقطة عجيبة . فعندما رتبت العناصر بتسلسل أوزانهـا الذرية ، اتضح أن المواد المتشابهة الخواص قد ظهرت فى القائمة على مسافات منتظمة . وهذه الخواص التى تتابعت على مسافات متساوية عبر القــائمة لم تكن تعبر بالذات عن أى شيء خاص أو « علمى » وعلى سبيل المثال ، فالليثيوم والصوديوم والبوتاسيوم كلها معادن لينة ، فضية المظهر ، تتفكك بسهولة فى الماء مكونة لمحاليل قلوية لزجة . ومجموعة أخرى ، تقع مفرداتها بانتظام عبر القائمة ، تتكون من الفلورين والكلورين والأيودين والتى لها رائحة خانقــة متشابهة بعض الشيء ، وجميعها تتحد مع الهيدروجين لتكون أحماضا . وبعد سنوات قليلة من وضــع نيولاندز لافتراضه الأصلى ــ والتى كانت مشــقاته فيه موضعا للسخرية ــ طور مندليف ، الكيميائى الروسى ، الفكرة بدقة أكبر كثيرا ، ووضع فى عام ١٨٦٩ الجدول الدورى للعناصر ، الذى يصنف مكونات العالم حتى يومنا هذا .

وتكمن عظمة اكتشافات نيوتن لقوانين الحركة فى القرن السابع عشر ، فى حقيقة أن القواعد المتحكمة فى سقوط شيء تافه كالتفاحة على كوكب ضــئيل كالأرض ، ثبت امكان تطبيقها بالمثل على تحركات الكواكب والنجوم . والفكرة بأكملها يمكن استيعابها فى ذهن الانسان . وفى الكيمياء حدث هذا الامتداد والاتساع فى التقــدم بعد مائتى عام فقط ، حــين استحدث بنزن وكيرشوف المنظار الطيفى عام ١٨٥٩ . وقد كتب بنزن ، نقلا عن الدكتور الراحل شيروود تايلور :

« حاليا أنا مرتبط بكيرشوف فى بحث سبب لنا ليال ساهرة • فقد توصل كيرشوف الى أجمل الاكتشافات وأكثرها غرابة ، بأن عرف السبب فى الخطوط الداكنة فى مجموعة ألوان الطيف الشمسية ، وأمكن له ، بجانب تقوية هذه الخطوط صناعيا فى ألوان الطيف الشمسية ، أن يظهرها فى مجمـوعة الألوان التى تكون الطيف المستمر للهب •••• وبذلك اتضحت الطريقـة التى يمكن بواسطتها تحديد التركيب المادى للشمس والكواكب الثابتة بنفس الدرجة من التثبت التى نستطيع بها تأكيد وجود ثالث أوكسيد الكبريت والكلور بواسطة عواملنا الكاشفة • وبهذه الوسيلة أيضـا يمكن التحقـق من تركيب المـادة الأرضية ، وتمييز أجزائها المكونة ، بنفس السهولة الكبيرة والدقة كما فى حالة المادة المحتواة فى الشمس » •

وبالاختصار ، فان ما حققه بنزن وكيرشوف باستعمال المنظار الطيفى ، لم يكن فقط ادراك أن النجوم والكواكب تحذو فى تحركاتها كالأشياء الساقطة والمتحركة على الأرض ــ كما وضعها نيوتن ــ بل أنها أيضا تتكون من نفس المادة ، نفس العناصر التى تعودناها فى التفاعلات الكيميائية هنا •

ولكن استعمال المنظار الطيفى بدأ يمدنا بالدليل الذى نعلم بواسطته الآن أن الكيمياء القديمة لم يعد لها وجود بعد ، ولكنها فى الحقيقة ، جزء من الطبيعة التطبيقية • والسبب فى أن المنظار الطيفى ، وهو جهـاز ضوئى ، يعمـل كأداة كيميائية تحليلية ، هو أنه عند تسخين أى مادة لدرجة التوهج ، وعنـد النظر الى الضوء الذى تشعه من خلال المنظار الطيفى ، فانه يمكن رؤية عـدد من الخطوط فى أماكن مختلفة من مجموعة ألوان الطيف • وكل عنصر من العناصر الكيماوية المختلفة يقدم تشكيلة مختلفة ومميزة تماما من هذه الخطوط •

وتفسير كيفية ذلك ، كيفية أنه بالنظر الى التشـكيلات الموجـودة على مجموعة ألوان الطيف التى يشعها أى عنصر خاص ، يمكن التعرف على هذا العنصر بنفس الدرجة من التأكد التى يمكن بها التعرف على أى رجل بواسطة بصمات أصابعه ، هذا التفسير يمثل ثورة كاملة فى فهمنا للكيمياء • وعندما هـدأت ضوضاء هـذه الثورة ، كان واضحا أن الكيمياء أصبحت ممتزجة بالفيزيقا •

وفى عام ١٨٩٥ ، اكتشف أشعة اكس (١) ــ وهو حدث فيزيائى • ثم اكتشف عام ١٩١٢ أن أشعة اكس يمكن أن تنكسر بواسطة بلورة • وفى عام ١٩١٣ استعمل هـ • ج • ج • موزلى هذه الظاهرة لفحص مجموعات ألوان الطيف المختلفة لأشعة اكس الناتجة من كل من العناصر ، ووجد أن طول موجة أشعة اكس المنبعثة تعتمد على الرقم الذرى للعنصر الخاص ــ أى ، على موضعه فى الجدول الدورى •

ولقد أصبح الجدول الدورى لمندليف قاعدة كيميائية عامة • فقد صمم لتصنيف العناصر الكيميائية على أساس ، أولا ، أوزانها الذرية ــ فالوزن يعد أكثر الخواص جميعها « كيميائية » ــ ففى الواقع ، استنفذ الكيماويون والمحللون قبلهم نصف وقتهم وهم يزنون • وثانيا ، رتب الجدول الدورى بحيث تقع العناصر المتشابهة الخواص ــ كالصلابة واللمعان والرائحة المميزة ، وما شابه ــ فى نفس الأعمدة • ثم فجأة ، ثبت أن الجهاز الفيزيقى وهو المنظار الطيفى ، اذا ما استعمل فيه نوع من الضوء المنبعث من المواد المختلفة ، فانه يعد آلة للتحليل الكيميائى لا مثيل لحساسيته ونوعيته • ولتتويج كل ذلك ، أظهر موزلى ، باستعماله لأشعة اكس بدلا من أشعة الضوء ، أن المادة العادية فى العالم الفيزيقى ، لاشىء فيها يماثل « الجسم الصلب المتحرك الذى لا يمكن اختراقه ••• والمتماسك الذى لا يمكن ابلائه أو تحطيمه » كما صورها نيوتن العظيم •

وقد أعطانا موزلى بدلا منها ذرة مكونة من جزأين هما ، مجموعة من الالكترونات مساوية فى العدد لرقمها الذرى ، ونواة ذات شحنة كهربائية موجبة تعادل الرقم الذرى •

وقد انهارت الأسس التى بنى عليها عالم الجمود للمواد الكيماوية فور ادراك هذه الفكرة • ومضى الكيماويون يعملون فى مجال الكيمياء ، ليتأكدوا ، وقد انتج الكثير من هذه الأعمال الكيميائية بعض نتائج بالغة الدهشة ، كما سأحاول توضيحه بعد قليل ، ولكن اتضح أن تركيب المادة يختلف عما كان معتقدا من قبل • وعدلت على الفور الآراء الأصلية عن الذرة الكيميائية كما

---

(١) X — rays

طورها موزلى . وكبداية ، اذا كانت نواه الذرة تحمل شحنة كهربائية موجبة ـ كما هو الواقع ـ ومجموعة الالكترونات تحمل شحنة سالبة مقابلة ، فلم لا ينجذب التركيب كله كما يلتصق الدبوس بالمغناطيس ؟ وليس من المنطق أن تقول أن الالكترونات حفظت نفسها من الوقوع فى النواة بدورانها حولها المرة تلو الأخرى كالكواكب ، لأنه حسب قواعد علم الالكتروديناميكا الكلاسيكية[1] ، تولد الشحنات الكهربائية الدائرة فى مدارات اشعاعا وتفقد طاقة . ويتبع ذلك بالتالى ، أن ذرة مكونة من الكترونات سالبة (كما هى فعلا) تدور حول نواة موجبة لابد أن تتحطم فى انفجار اشعاعى . وهذا ما لا تفعله الذرات الكيميائية .

لهذا تأتى الى عام ١٩١٣ ثانية ، حين استدل نيلز بور على أن توضيح ما يحدث فى الحقيقة فى عنصر كيميائى ، يفسر باستخدام « وحدات الكم[2] » لماكس بلانك . فلشرح عدد من الظواهر الطبيعية المتعلقة بالاشعاع ـ مثل الحرارة النوعية ، والكيمياء الضوئية ـ والتى لا يمكن شرحها أبدا على أساس القوانين الفيزيقية التى تنطبق على نطاق واسع من الظواهر ، افترض بلانك أنه بالنسبة للمستوى الذرى لا يكون الاشعاع دائم التدفق . بل بالعكس ، وكما عللها ، فان الاشعاع ينتج فى كميات متقطعة أو « وحدات كم » . وقد اتضح صحة هذا الافتراض أثناء فترة السنوات العشر الأولى من هذا القرن . كما اتضح أن الديناميكا الكلاسيكية كانت مجرد تعبير لسلوك احصائى لأعداد كبيرة جدا من الجسيمات الخاضعة لقوانين الكم .

وقد استنتج بور باستعمال هذه الأفكار عن ميكانيكية الكم أن كلا من الالكترونات الدائرة حول النواة لذرة كيميائية يتخذ كميات محددة فقط من الطاقة ، كل منها تعادل عددا معينا من « وحدات الكم » .

وهذه الفكرة عن الالكترونلت المحيطة بنواة الذرة الكيميائية والواقعة فى مجموعة من المدارات المركزية كانت مثمرة للغاية . فقد فسرت هذه النظرية ، على سبيل المثال ، مجموعات ألوان الطيف المختلفة التى تنبعث من العناصر

---

(١) Classical Eloctrodynamics.

(٢) Quanta

المختلفة • كما فسرت « التكافؤ » للعناصر المختلفة ــ أى ، الطريقة التى تتحد بها مع ذرات أخرى • فمثلت الالكترونات الخارجية عوامل الربط ، كما طابقت عدد الالكترونات المتاحة لعمليات الاتحاد الكيميائى ، عدد الحلقات التى يمكن أن تكونها الذرة المختصة • وفسرت كذلك الظاهرة المميزة للجدول الدورى •

وبحلول عام ١٩٢٥ ، بين باولى ، مطورا للتركيب الفيزيقى المتناهى الدقة للذرات الكيماوية ، أن قطر مدار الالكترون ليس هو وحده المقابل للعدد الكمى الكلى ، بل أن لا مركزية مداره ووضع محور دورانه اعتبر عدد كمى ثان ــ وهو العدد الكمى الزاوى ــ ، كما أن عددا كميا ثالثا وجب ادخاله لوصف الخواص المغناطيسية ، ورابعا لتمييز دورانه السريع • وبحلول عام ١٩٣٠ ، كانت العناصر الكيماوية المألوفة لدى تلاميذ المدارس فيما قبل الحرب العالمية الأولى قد تلاشت تماما ، حيثما كانت ، وحل محلها كبديل عنها، كميات الطاقة الصغيرة التى استدل بلانك على وجودها ــ وحدات الكم ــ وكذلك مجموعة جسيمات دقيقة ــ البروتونات والنيوترونات والميونات والبيونات والفوتونات ، وغيرها ــ والتى تشمل المجال الخاص للفيزيقى وليس للكيميائى •

وبالطبع ، بالرغم من أننا نعرف حاليا أن المواد الجامدة التى نستخدمها ــ أى العناصر الكيماوية التى يتكون منها العالم ــ هى فى الواقع مظاهر لعلاقات الطاقة بين الجسيمات ، الا أنه يجب علينا ألا نبتعد عن العالم الواقعى • فقد قلب جاليليو وكبلر العالم رأسا على عقب ، فبدلا من دوران الشمس حول الأرض ، أصبحت الأرض تدور حول الشمس • ولكن ، بالرغم من صحة ذلك ، فقد استمر الناس فى ملاحظة الشمس تشرق صباحا وتغرب مساءً ، ولا زال الفلاحون وصانعو « دهان لفحة الشمس »(١) قائمين بأعمالهم مثلما كانوا من قبل وفى الكيمياء حاليا ، بالرغم من أن الكيميائى المثقف يعلم أن عناصره هى تفسيرات لظواهر طبيعية ، الا أنه يعلم أن الكيمياء التى مارسها من قبل لا زالت تطبق كلها • وهذا يعنى فقط أنه يعرف حاليا أحسن من ذى قبل كيف يحدث تقدما جديدا ، وكيف يفسر الظواهر الجديدة التى يكتشفها •

---

(١) Suntancream

ولكن بينما تمضى الكيمياء القديمة فى ـ صناعة حامض الكبريتيك وانتاج القلويات والصابون ، وصهر المعادن ، وتجهيز السبائك ـ فقد تحقق الكثير من الكيمياء الحديثة ، وعلى الأخص بالنسبة للتحكم فى الجزئيـات الكبيرة ، التى أمدتنا بالبوليمارات(1) والمسماة بالبلاستيك و خيوط النسيج الجديدة . والفكرة الجديدة بأن الكيمياء ليست كيماء بالمرة ، بل هى جزء من الفيزيقا ، قد ساعدت ماديا على جعل كل ذلك ممكنا بطريقتين . احداهما مفهومة تماما ومؤسسة على المعرفة العلمية الجديدة ، هى استعمال الأدوات الفيزيقية فى الكيمياء . والأخرى ، التى تعد مفهومة بدرجة أقل كثـيرا ، هى النظرة العميقـة المتطورة لميكانيكية « العمل المساعد »(2) .

وقد بين كيرشوف بترن منذ مائة عام أنه يمكن التعرف على العنصر بواسطة طول الموجة الخاصة بالضوء المرئى الذى يمتصه . وتفهمنا الحديث لطبيعة الذرة يسمح لنا الآن بتحديد ، بشىء من التفصيل ، المعلومات عن تركيب جزىء بالذات وعن عدد الذرات الموجودة ، وذلك باختبار مجموعة ألوان الطيف التى يمتصها ، ليس فى الضوء المرئى فقط ، بل فى الموجة الأكثر قصرا للأشعة فوق البنفسجية ، والموجة الأكثر طولا للأشعة تحت الحمراء . وعلى وجه عام ، فامتصاص الأشعة تحت الحمراء ذات الموجة الأطول يسبب تغيرات فى الطاقة الدورانية للجزىء ، وامتصاص الأشـعة الحمراء ذات الموجـة الأقصر يسبب تذبذب الذرات داخل الجزىء ، كما يسـبب دورانا للجـزىء . وامتصاص الاشـعاع المرئى أو فوق البنفسجى بسبب اثارة الالكترونات فى الجزىء . وامتصاص المادة للاشـعاع ليس منتظما على كل المجال لأطوال الموجات ، ولكنه يبين النهايات العظمى التى تقابل مستويات مختلفة من الطاقة فى المادة الماصة . وان هـذه النهايات العظمى المميزة هى التى تمكن من استعمال مجالات الامتصاص فى التحليل .

وتنبع خواص الامتصاص للجزىء فى المجال المـرئى أو فوق البنفسجى من وجود الالكترونات التى يمكن دفعها الى مسـتويات أعلى من الطاقة بواسـطة

Polymers (1)

Catalytic Action (2)

الضوء الساقط • ويحدد التشكيل الالكترونى للجزىء أطوال موجة الضوء المطلوبة لهذا الغرض • كما يحدد التكوين الالكترونى للجزىء التغيرات الممكنة فى الطاقة التى قد يتعرض لها الالكترون • وبالتالى ، فان طيف الامتصاص كثيرا ما يلقى ضوءا كافيا على التركيب الجزيئى للمادة ، كما يمدنا بوسيلة للتحديد الكمى • وبعبارة أخرى ، فالكيماوى فى تعامله مع جزىء معقد يختبر خواصه بواسطة ــ مثلا ــ « الفوتومتر الطيفى »(١) للأشعة فوق البنفسجية • ولكن كى يتحصل الكيماوى على الايضاح الكامل الذى تستطيع هذه الآلة أن تقدمه ، فانه يحتاج ، بجانب معلوماته فى الكيمياء ، الى معرفة سليمة بالمثل ، عن الفيزيقا الجزيئية ، حقا ، يجب أن يكون الكيماوى عالما فيزيقيا •

وقد اكتشف سير وليام هيرشل المنطقة تحت الحمراء فى مجموعة ألوان الطيف وذلك عام ١٨٠٠ ، عندما كان يدرس التأثيرات الحرارية النسبية لضوء الألوان المختلفة • « فضوء » ما دون الأحمر ينتج كمية كبيرة من الحرارة ولكنه عديم اللون • والى وقت قريب لم يكن للمنطقة تحت الحمراء من مجموعة ألوان الطيف أهمية كبيرة عند الكيماويين • وحاليا ، على أى حال ، حيث أن الكيماوى ، كما كنت أوكد ، هو اليوم فيزيقى فى الصميم ، فان التحليل الضوئى الطيفى للأشعة تحت الحمراء هو فى الأرجح من أنفع الطرق لتوضيح تركيب المواد الكيماوية المعقدة •

وتمتص المركبات الكيماوية الاشعاعات تحت الحمراء بعملية الانتقاء ، وقد وجد أن أطياف الامتصاص ، وخاصة للجزيئات العضوية ، تحتوى على عدد كبير من الشرائط الطيفية الضيقة نوعا ما • وشرائط الامتصاص الخاصة بمركب ما ، تختلف عموما عن تلك الخاصة بمركب آخر • لذلك يعد طيف الامتصاص للأشعة تحت الحمراء لمادة ما ، خاصية فيزيقية يمكن بواسطتها التعرف عليها ومعايرتها • ويرتكز الأساس النظرى للخواص الذاتية لطيفيات الأشعة تحت الحمراء على الحقيقة القائلة بأن الشرائط تكون مقابلة لذبذبات معينة للتركيبات الجزيئية • لذلك يعتمد تردد ذبذباتها على كتل الذرات ، وعلى شدة القوى الرابطة للأغلفة الالكترونية التى تربطها بعضها ببعض ، وعلى التشكيل الهندسى للجزىء ككل •

---

(١) Spectrophotometer

ونظرا لهذا الأساس النظرى كله فقد أصبح من الممكن التعرف على مجالات امتصاص معينة مسجلة بواسطة الفوتومتر الطيفى للأشعة تحت الحمراء وذلك بالتجمعات الخاصة الموجودة فى الجزىء • وعلى سبيل المثال فمجموعات (أيد) ، (ن يد) يمكن التعرف عليهما ، فعندما يكون هناك ، كما يحدث دائما ، ذرتان من الكربون فى سلسلة كربونية ، متصلتين بوصلة ثنائية بدلا من وصلة أحادية بسيطة وبالتالى مرتبطتين تحت حالة من الاجهاد ، فان طيف الأشعة تحت الحمراء سيكشف ذلك •

وخلال الأعوام الحديثة ، بدأ الكيماويون ، يهتمون جديا فى أعمالهم اليومية بالمفهوم عن الطبيعة الفيزيقية للجزيئات التى يستخدمونها• فنظرية الكم للتركيب الذرى ، التى تقول أن الطبقات المركزية المختلفة أو أغلفة الالكترونات التى تتذبذب حول النواة ، تقع كل منها عند مستوى معين ومحدد من الطاقة يختلف عن الآخر ، وأن أى الكترون ينتقل من طبقة لأخرى لابد أن يكتسب أو يفقد وحدة كم من الطاقة،هذه النظرية ليست مجرد تصور رياضى يصلح فقط كسؤال للامتحان • فالتحليل الكيمائى الطيفى لأشعة اكس ، الذى قد يستعمل مثلا فى اختبار الصلب القاسى الذى يحتوى على نسبة مئوية كبيرة الى حد ما من التنجستن الذى يجعل الطرق التحليلية الأخرى صعبة ، هذا التحليل ، يعتمد على نظرية الكم • تتوقف هذه الطريقة على قذف المادة تحت الاختبار بواسطة حزمة مناسبة من أشعة اكس • وهذه قد تتغلغل فى المادة وتزيل الكترونا من أحد المستويات الداخلية • وتحتم قوانين الكم وجوب تحول الطاقة المفقودة الى اشعاع ذى طاقة متكافئة ، فبقدر الطاقات الكبيرة المحتواة يتولد اشعاع اكس بذبذبة عالية جدا ، أو بموجة ذات طول قصير •

وقد أمكن الحصول على نتائج مدهشة فى توضيح الفيزيقا الكيميائية للجزيئات المعقدة تماما باستعمال أشعة اكس — وهى فكرة فيزيقية أخرى — كأداة لمسح الأوضاع الحقيقية لأجزاء الجزىء المختلفة فى الفضاء • وبالرغم من أن الكلمات « فيزيقا » و « كيمياء » تجنح دائما لتصبح لا معنى لها كلما تقدمنا فى هذا الفصل،الا أنه يمكن المجادلة فى أن وضع الذرات فى الفضاء وقياس المسافات والقوى داخل الذرة يعد فيزيقا أكثر منه كيمياء •

وأطوال موجات أشعة اكس تماثل من حيث المقدار المسافات بين أجزاء الجزىء عندما يوجد فى الفضاء كمجموعة ذات ثلاثة أبعاد . ولهذا السبب ، فان بلورة أى جزىء معين تشتت حزمه أشعة اكس الساقطة عليها بطريقة مميزة . فتكون البلورة بمثابة محزوز للحيود[1] ذى ثلاثة أبعاد . ولهذا السبب ، فانه يمكن الحصول على نموذج من أشعة اكس المشتتة على لوحة تصوير ، ومنها يمكن الحصول على معلومات عن كيمياء المادة المتبلورة التى مرت من خلالها الأشعة . وهذا يمكن عمله ليس فقط مع المركبات غير العضوية البسيطة جدا ، بل أيضا مع المواد العضوية المعقدة تماما . ويمكن مقارنة ذلك الى حد ما بامكان التعرف على شخص ما عن طريق دراسة ظله . حقا ، انه من الأمور العادية عند « اخصائيى دراسة البلورات »[2] بواسطة أشعة اكس ، أن يحصلوا على مجموعة من « الظلال » ذات البعدين بتحريك وتقليب موادهم ، والتى يستدل منها على الشكل الحقيقى ذى الأبعاد الثلاثة للمركب المختبر . واستعمال أشعة اكس فى معرفة البلورات لاستنتاج التشكيل الكيميائى لفيتامين ب١٢ ، أحد المواد التى لها تأثيرات مضادة للأنيميا الخبيثة ، هو مثال جديد للطريقة التى يمكن بها تطبيق هذا التكتيك الفيزيقى على مسألة كيميائية .

بل يمكن الحصول على نتائج أدق من ذلك باستخدام أشعة اكس ذات الموجة القصيرة القوية النفاذ لتبحث داخل التشكيل الجزيئى للمواد الكيماوية . فحبة الملح أو السكر تتكون من تجمع بلورى متعدد ، ووحداتها مرتبة ترتيبا عشوائيا . ومن جهة أخرى ، تتخذ بعض المركبات ذات الجزئيات الكبيرة ـ مثل النايلون تركيبا بلوريا مرتبا فى اتجاه واحد خاص . وعند عمل فتلة النايلون بمصنع ، يعتبر شدها أحد العمليات الأخيرة . وواضح أن التكوين الكيميائى واحد للنايلون المشدود والغير مشدود ، أما التشكيل الكيميائى قبل وبعد الشد فمختلف . وهذا الاختلاف ، الذى يكون فى الطبيعة البلورية للمادة ، يمكن تحديده من صور فوتوغرافية مناسبة لحيود أشعة اكس . وهذه الطريقة لتقدير اتجاه ودرجة الترتيب للتشكيل البلورى تستعمل حاليا فى دراسة التركيب الكيمائى للمعادن

---

(١) Diffraction Grating

(٢) Crystallographers

والبوليمارات والتركيبات من جميع الأصناف التى يتم سحبها أو اســتخلاصها أو شدها .

ويمكن أن نلاحظ من خلال ذلك كله ، أنه بينما قد تستمر الكيمياء التقلبدية حتى الآن ، الا أن الفهم الفيزيقى الجديد لطبيعــة الجزيئات والذرات يســمح باستعمال الآلات الفيزيقية الفعالة والحساسة . فبجانب الفوتومتر الطيفى الذى يستخدم الاشعاعات المرئية وفوق البنفسجية وتحت الحمراء ، والتصوير الطيفى بأشعة اكس وما شابه ، فهناك آلات أخرى هامة . فقد أمكن الآن مزاولة الرقابة الكيميائية للعمليات فى المصنع بواسطة « مطياف الكتلة »(١) وهى آلة لا تستخدم نظام ضوئى بالمرة ، سواء كان تشغيلها بواسطة الأشعة المرئية أو بتلك الأطــول أو الأقصر . انها آلة تزودنا فيها الالكترونات بالقوة الدافعة التى تحلل المــادة المتبخرة الى أيوناتها المركبة والتى تتكون منها جزيئاتها . وهذه العملية ـ التى تؤدى ، دعنا نقول ، لأغراض التحليل الكيميائى ـ هى تطبيق مباشر لتفهمنــا الحديث لطبيعة التركيب الذرى الفيزيقى ـ أى ، نواة مركزية محاطة بأغلفة الكترونية. والمادة المختبرة التى قد تكون خليطا من غازات مركب عضوى معقد تماما ، والتى تتأين ، ثم تنفصل أيوناتها وتنحرف ، ثم تتركز فى النهاية ، لا يكون هذا بواسطة منشورات زجاجية أو كوارتزية وعدسات ، ولكن بواسطة مجالات كهربائيــة ومغناطيسية وربما أمكن وصف العملية كلها « ببصريات التأين »(٢) . وينتج عن مرور العينة خلال مطياف الكتلة أن تنفصل مركباتها بترتيب كتلهــا الى ألوان طيف يمكن تسجيلها تلقائيا على لوحة بيانية .

ومطياف الكتلة آلة دقيقة وثمينة ، تشتمل على أماكن تسمح بدخول العينات ، وترس للمغناطيس الكهربائى ، عدا تلك المعدات المساعدة كالمكبرات والمســجل الفوتوغرافى التلقائى . وعلى أى حال ، فقد استخدم أحدها لعــدد من السنين كوسيلة لاحكام الرقابة الروتينيــة فى مصــنع كيماوى للصــناعات الكيماوية الامبراطورية ، كما أقيم بالتالى اثنان آخران ليتداولا يوميــا ما يزيد عن المائتى

---

(١) Mass Spectrometer

(٢) Ion Optics

عينة فى المتوسط . وقد ذكر عنها ــ فى الواقع ــ أنها تقوم بعمل ستة وثلاثين مساعد معمل ممن يستخدمون الطرق الكيماوية المعتادة .

وتستخدم الالكترونات فى مطياف الكتلة كمقذوفات ذات قيم مناسبة لتنفصل الأربطة الالكترونية التى تتماسك بواسطتها جزيئات المركبات المختبرة بعضها بالآخر . وهذا يمكن من انتاج ألوان طيف للأيونات المنفصلة . ولكن الالكترونات ــ التى هى بالطبع جسيمات مفردة ذات كهربية سالبة ــ يمكن أيضا استعمالها كما لو كانت ضوءا . وأريد أن أتحدث عن الميكروسكوب الالكترونى كآلة حقيقة (وهو حاليا كذلك) . ولكن من المهم قبل أن أفعل ذلك أن أشير الى أن النمو الكلى « للبصريات الالكترونية » يرتكز على واحد من أكبر أساسيات الآراء الفلسفية الحديثة فى علم الطبيعة ــ وكذلك من أكثرها تناقضا . انه الوجود لتأثيرات يمكن تفسيرها بالاعتقاد بأنها ترجع لشىء موجود كمجموعة من الجسيمات وفى نفس الوقت كالموجة . وسنحتاج لأن ندخل فى هذا بمزيد من التفصيل فى الفصل القادم حين لا نضع فى الاعتبار « الى أى مدى وصلت الكيمياء » ، ولكن بالأحرى « عن ماذا تكون الفيزيقا » . وفى نفس الوقت فقد كنا هنا نناقش السلوك الكيميائى للذرات ، التى تتكون من نواة تتزايد كتلتها بانتظام كلما انتقلنا من العناصر الخفيفة كالايدروجين والفلورين ، الى المواد الثقيلة كالرصاص واليورانيوم . وتدور حول نواة كل منها مجموعة من سحب الالكترونات المتمركزة . وكل سحابة أو غلاف ، تتكون من هذه الالكترونات كوحدة جسيمات ذات كهربية سالبة . ولكن بالوصول الى هذا الحد ، بايضاح أن هذا التفسير الفيزيقى للتركيب الذرى يلائم حقائق الكيمياء كما وضعها دالتون ومندليف وكثيرون غيرهم ، وبرؤية كيف أن ذلك يوضح الآن أيضا أداء الأجهزة الفيزيقية الحديثة التى يعتمدالكيمائيون عليها اليوملدرجة متزايدة ــ نصل الآن الى آلة جديدة هى المجهر الالكترونى ، حيث لا تسلك الالكترونات مسلك الجسيمات، بل تتخذ بدلا من ذلك مميزات الحركة الموجية .

ففى عام ١٩٢٤ ، قدم دى برولى أولا فكرة أن هناك شيئا له طبيعة موجية مترابطا مع جسيمات المادة وخاصة الالكترونات . وبعد عامين ، استنبط شرودنجر نظرية ميكانيكا الأمواج وعلاقتها بالبصريات ، وفى نفس العام ــ ١٩٢٦ ــ أظهر

بوش أن أنواعا معينة من المجالات المغناطيسية أو الكهربائية يمكن أن تعمل كعدسات للالكترونات والجسيمات الأخرى المشحونة • والآن ، بناء على ذلك ، فانه يمكن باستخدام حزمة من الالكترونات بدلا من الضوء ، ومجالات مغناطيسية بدلا من الزجاج أو الكوارتز ، تكوين المجهر الالكترونى الذى يمكن الانسان من رؤية أجسام لا تعدو أجزاء من مائة من أصغر الأشياء التى استطاع أفضل الميكروسكوبات الحصول عليها قبل ذلك • وتسلسل الوقائع هو كالآتى • عين الانسان يمكنها فقط رؤية هنة قطرها خمس ملليمتر ــ أى ٢ر٠ مم • وبمنظار مكبر يمكن للانسان بالكاد رؤية جزء من مائة من الملليمتر ، أى ١٠ $^{-٢}$ مم وبواسطة ميكروسكوب جيد يمكنه بلوغ جزئين من عشرة آلاف جزء ، أى ٢ × ١٠ $^{-٤}$ • أما الآن فباستخدام المجهر الالكترونى يمكن رؤية الجسيمات التى قطرها جزء من المليون من الملليمتر ــ أى ١٠ $^{-٦}$ مم • وهذا يقارب حجم جزىء صغير نسبيا •

والكيميائى يهمه تركيب وسلوك الجزيئات التى يستخدمها • ولكن عدم امكانه معالجة ودراسة جزيئات مفردة ، أجبره بطبيعة الحال على بلوغ نتائجه بدراسة النتائج الاحصائية المتحصل عليها باستخدام عدد كبير من الجزيئات • وباستخدام هذا التقريب أمكن الحصول على معظم الكيان الشامل لمعلوماتنا الكيميائية الحديثة • ولكن أحيانا ــ وبصورة أكبر بالنسبة للاهتمام الحديث بالجزيئات الكبيرة كالبوليمارات التى تشمل مجال صناعات البلاستيك وكثيرا من علم الحياة كذلك ــ لا يكون الجزىء الكيميائى كيانا احصائيا كيفما اتفق ، فله أيضا تركيب ووضع خاص بالنسبة للجزيئات الأخرى المحيطة به • وقد أشرنا من قبل الى الاختلاف بين تركيب فتلة النايلون المشدودة والغير مشدودة كما أظهرها الفحص البلورى بأشعة اكس • وهنا يبدأ المجهر الالكترونى ، وهو آلة فيزيقية ، فى اعطاء المعلومات الأساسية عن تنظيم الجزيئات الكيميائية •

فأولا ، يستطيع المجهر الالكترونى أن يساهم فى الدراسات عن مثل هذه الجزيئات الكبيرة كالسيليولوز والأنسجة الأخرى ومادة مثل المطاط المكبرت • وثانيا ، فهو قد أعطى معلومات ذات أهمية خاصة عن السناج ، الذى له من الخواص ما يمثل خطا للحدود بين الكيمياء والفيزيقا عند استخدامه فى تقوية المطاط

أو كصبغة فى حبر المطابع • ومــواد أخرى كثيرة ممــا تجــد لها مكانا كدهان أو كصبغات ورنيش اللاكيه تكون بصفة خاصة ملائمة للفحص بواســطة المجهر الالكترونى • ونجد ضمن هذه المواد ثانى أكســيد التيتانيوم وأوكسيد الزنك والأزرق النتروجينى • كما اختبرت أيضا الأتربة المعدنية المستعملة فى صــناعة التعدين بالمساحيق •

ولكن قد تكون أهم جميع امكانيات المجهر الالكترونى هى مقــدرته على دراسة طرق معينة ، والتى بالرغم من استعمال الكيمائيين الشائع لها وقبولها فى كيان المعلومات الكيميائيــة • ليست مفسرة بالكامل بواســطة قوانين الكيمياء المعروفة • وأشير هنا الى فعل « الوسيط الكيميائى »(١) •

والوسيط الكيميائى مادة تسبب حدوث التفاعل الكيماوى الممكن حدوثه ولكنه لا يحدث • وعلى وجه عام ، فالتفاعل الكيماوى سيتم فى اتجاه واحــد فقط • بمعنى أن الطاقة لا بد أن تتوفر قبــل أن تتوقع حــدوث أى شىء على الاطلاق • فالمادة المتفجرة تنفجر وتطلق طاقة لوجود طاقة كيميائيــة فى جزيئاتها لا بد لها من أن تنطلق قبل أى شىء • فالحديد يصدأ ، والورق يحترق ، وفى مجال الكيمياء الحيوية ، تنجز المخلوقات حياة نشيطة بهضم الطعام الذى تأكله ، ذلك لأنه فى كل حالة ، يحتوى الحديد « المختزل » والكربون « المختزل فى الورق » والكربون « المختزل فى الخبز » على كمية من الطاقة أكبر مما يحتويه الحديــد المؤكسد والكربون المؤكسد ــ أى ثانى أوكسيد الكربون ــ وهى النتــائج النهائية للاتحاد الكيميائى مع الأوكسجين الذى يحدث فى جميع العمليات الثلاثة • ولكن بالرغم من وجود طاقة جاهزة للانطلاق فى عدد كبير من التفاعلات الكيماوية الممكنة، فكثير منها لا يحدث، الا فى حالة وجود وسيط كيماوى ليساعدها فى أداء عملها •

وهناك كثير من التفاعلات الكيماوية ذات الأهمية الاقتصادية والنفع الكبيرين والتى يمكن نظريا حدوثها ، ولكنها لا تحــدث • أو بالأحرى فهى لا تحــدث الا بادخال مساعد ما ــ انه الوسيط الكيماوى • وضمن تلك التفاعلات المرغوبة توجد هذه العمليات الرئيسية كاستخراج البترول من الفحم ، وصنع زبدة الطهى

---

(١) العامل المساعد « المترجم »

من زيت النخيل ، وعمل السماد الصناعى من الهواء • ويصنع حامض الكبريتيك ، الذى ربما يعد أهم الكيماويات الثقيلة كلها ، بطريقة تعتمد على استخدام الوسيط الكيماوى المناسب ، الذى بينما يتسبب فى حدوث التفاعل الكيماوى ، لا يدخل بنفسه ضمن سلسلة التفاعلات • والصناعة الكيميائية الدقيقة فى القرن السابق التى أنتجت الأصباغ والعقاقير والكيماويات المتوسطة من أصناف كثيرة وذلك من قطران الفحم حل محلها اليوم بصورة واسعة انتاج مماثل مبنى على استخدام الكيماويات المشتقة من البترول • وأغلب هذه الصناعات الحديثة تعتمد أيضا على اختيار الوسيط الكيماوى المناسب •

ويمكن على الفور ادراك أن مهمة الكيماويات الوسيطة أمر ذو أهمية أولى فى الكيمياء ، وليس فقط فى كيمياء صناعة حامض الكبريتك ؛ وصناعة انتاج كيماويات البترول بالتكسير بواسطة الكيماويات الوسيطة • ففى الكيمياء الحيوية التى تتضمن كيمياء الأنسجة الحية ، يمكن غالبا لمادة مثل الجلوكوز أن تتحلل فى الحال عن طريق سلسلة من التفاعلات الكيماوية المتصلة لتطلق طاقة — ويحدث هذا التسلسل السريع من التغيرات الكيماوية عند درجة الحرارة المنخفضة نسبيا ٣٧ درجة مئوية — أى ٩٨ر٢ درجة فهرنهيت ، أو ما يقرب من ذلك • ومع ذلك فاذا ترك ملء ملعقة من الجلوكوز فى المعمل ملتصقة بالأوكسجين ،فلن يحدث شىء على الاطلاق — الا اذا أشعلت فيها النار •

وكل أنواع المواد تعمل ككيماويات وسيطة • فبخار الماء وسيط كيماوى فى عملية تأكسد الحديد • أعنى ، أن الحديد يصدأ أسرع اذا كان مبتلا • والأوكسجين وسيط كيماوى لبلمرة غاز الايثيلين فى تكوين « البوليثين » • ثم هناك تشكيلة كبيرة من الكيماويات الوسيطة الصلبة مثل البلاتين الاسفنجى والنيكل والزنك والحديد والنحاس ، وفحم الخشب • ومنذ وقت ليس ببعيد ، فى عام ١٩٣٠ مثلا ، اعتادت فرق البحوث فى محاولتها للحصول على طريقة صناعية للعمل أن تبحث عن الوسيط الكيماوى المناسب بواسطة المحاولة والخطأ فقط • فهم يجربون فقط كل توليفة معقولة من المعدن أو أوكسيد أو كبريتيد المعدن ليروا ما اذا كانت ستعطى تأثير الوسيط • ولكن فى نفس الوقت ، أنجزت مع ذلك كمية كبيرة من الدراسة عن ميكانيكية ما سمى بـ

« الحالة الجامدة » ، وبدأت المعرفة تتجمع وتتزايد عن الأنواع المختلفة من المعادن ، وعلى سبيل المثال ، عما يجعل بعض المعادن موصلا جيدا للكهرباء بينما البعض الآخر موصلا رديئا ، فى حين توجد مجموعة ثالثة تعد أشباه موصلة ، وهى التى تسمح بمرور التيار الكهربائى فى اتجاه ما بسرعة أكبر من الاتجاه الآخر . وفى عام ١٩٤٠ ، بدأت هذه الآراء (على حدود الكيمياء والطبيعة) تمتد الى بعض من ألغاز فعل التوسط الكيماوى . فقد لوحظ أن المواد الصلبة التى تدخل كوسيط كيماوى فى عملية الأكسدة الكيميائية أغلبها موصلات الكترونية ، فى حين أن الكيماويات الوسيطة فى تفاعلات الأحماض مع القلويات كانت معظمها غير موصلة . وهكذا تبلورت الفكرة بأن سلوك المادة كوسيط كيماوى يعتمد على التشكيل الالكترونى لها فى حالتها الجامدة .

وحتى هذا التصور عن عمل الوسيط الكيماوى ـ أى ، عن تأثير التركيب الخاص للجزيئات على قاعدة من الوسيط الكيماوى الجامد التى يمكن عليها حفظ ذرات المادة المتفاعلة أثناء تفاعلها مع بعضها ـ لم يصل نهايته بعد . وبعض أمثلة التوسط الكيميائى يمكن تفسيرها بطريقة مرضية بقواعد « كيمياء الامتصاص » . فالمواد المتفاعلة تبدو وكأنها قد امتصت على سطح الوسيط الكيماوى ، وتنتشر وصلاتها الالكترونية للخارج ، مثلا ، لتمكنها من التفاعل مع بعضها ، تقريبا بنفس الطريقة التى « يتفاعل » بها صوف الرتق بسرعة أكثر مع الجورب المثقوب عندما يكون الجورب مشدودا على سطح بيضة خشبية . وبالرغم من أن رياضيات هذه النظرية وطبيعتها ، لم يكتملا حتى الآن ، الا أنهما مفهومتان جزئيا على الأقل .

وما زال هناك الكثير لا بد من اكتشافه قبل أن نحرز المعرفة الكاملة عن الميكانيكية التى بواسطتها تمهد السبيل للتفاعلات الكيماوية عن طريق توسط الكيماويات الوسيطة ، ولكن الاكتشافات الحديثة بدأت فى اظهار كيف أن الفيزيقيا المستخدمة فى الكيمياء بهذه الطريقة ، قد تدمج كلا العلمين مع ما يمكن الحصول عليه فقط فى نطاق علم الحياة حتى الآن . وأشير هنا الى كيماويات

زيجلر (١) الوسيطة واستخدامها فى كيمياء البوليمارات ، وعلى الأخص فى انتاج البوليثين •

وكانت أولى انجازات علم الكيمياء هى الحصول على المعادن كالذهب والبرونز والحديد ، وبعد ذلك ، الألومنيوم والماغنسيوم وكثير غيرها • وفى الحقبة الثانية للكيمياء ، المتداخلة جزئيا مع الأولى ، جاءت قائمة المواد التى نعتقد أنها منتجات تقليدية لصناعة الكيمياء ، كالبارود والمفرقعات الأخرى ، والأصباغ والعقاقير ، والأسمدة الصناعية ، وحامض الكبريتيك والقلويات والصابون ، والمطهرات — فالقائمة من النوع الطويل • وجاءت الحقبة الثالثة للكيمياء بانطلاقة • أنها المقدرة على جعل المواد سلعا • فالأنواع المختلفة من الخشب ، كالبلوط وخشب الماهوجنى ، وخشب الأناناس وخشب الجوز أو شجر الاسفندان ، التى يصنع منها الأثاث والقوارب ومضارب اللعب وأدوات من كل الأصناف ، ثم العاج والقرون والعظام ، وجلد الأحذية وجلد صغار الماعز وجلد أنثى الغزال والجلد الملون ، ثم الأصواف والأقطان والحراير والكتان ، كل هذه المواد قد استخدمت لعدة أجيال وكنا نعتمد فى صنعها على مصادر الأشياء الحية • ولم يفهم الا حديثا جدا أن التركيب الكيماوى لكل هذه المواد يتكون أساسا من عدد صغير نسبيا من الوحدات الكيميائية — وحدات سكر الجلوكوز وأحماض الأمينو الأزوتية وما شابه — المتكررة مثل الغرزة المعكوسة والمستوية فى الحياكة ، والتى تتشابك بطرق شتى لتعطى الصلابة أو الليونة أو المرونة المختلفة المميزة للشكل الأخير للسلعة • وليست الذرات الكيمائية هى التى تهم كثيرا ، أى الكربون والنتروجين والكبريت والأوكسجين ، بل الطريقة التى يلتئم بها التركيب •

وتعرف الآن الصناعة الكيميائية كيف تصنع الوحدات المناسبة المسماة بـ « المونومارات »(٢) والتى يمكن أن يشكل منها « البوليمارات »(٣) الملائمة • فالايثيلين والميثيل — ميثاكريلات يتحدان مرة ومرة أخرى لتكوين

---

(١) Ziegler

(٢) المونومارات : اتحاد بين عنصرين أو أكثر كل بذرة واحدة .

(٣) البوليمارات : المواد التى تتحد عناصرها المكونة بعدد متساو من ذرات العناصر . « المترجم »

« البروسبكس » . والهكسا ميثايلين ــ ديامين ، والحامض الأديبى يتحدان بعدد متساو من ذراتهما ليكونا النايلون . كما تتحد جزئيات الايثيلين فى سلسلة طويلة متشابكة لتعطى البوليثين .

والبوليثين ، أو ، البولى ايثيلين ، على حد تسميته الكيمائية الأكثر صوابا، يتركب من الايثيلين ، وهو وحدة ذرتى كربون مشتقة من البترول . وفى الطريقة التقليدية الحالية لصنعه يمكن احداث اتحاد وحدات غاز الايثيلين (بلمرته) فى سلاسل طويلة من ألف ذرة كربون أو أكثر وذلك بوضعه تحت ضغط هائل ٣٠٫٠٠٠ رطل على البوصة المربعة ، وعند درجة حرارة ٢٠٠ درجة مئوية ، مع وجود قليل من الأوكسيجين ليعمل كوسيط كيماوى . وكان اكتشاف الحقيقة بأن الأوكسيجين كان وسيطا كيماويا لهذا التفاعل ، محض صدفة ، كما كان الحال بالنسبة لعدد كبير من الكيماويات الوسيطة الأخرى التى عرفت قبله . والبلمرة التى تحدث تحت هذه الظروف عشوائية بعض الشىء . وسلاسل الايثيلين تزداد طولا ، ولكنها ، كما كانت ، تظل مشتبكة ومتفرعة هنا وهناك . على أنه فى عام ١٩٥٥ ، استحدث البروفسور كارل زيجلر ، من معهد ماكس بلانك لأبحاث الفحم بمدينة اسن ، نوعا جديدا من الوسيط الكيماوى.وهذا الوسيط الكيماوى ذو التركيب المحكم تماما والخاص به ، له القدرة على عمل جزىء البوليثين بطريقة منظمة عندما تمضى عملية البلمرة قدما . والوسيط الكيماوى الجديد بجانب انتاجه كمادة ذات تركيب أكثر انتظاما فانه يسمح باستمرار التفاعل تحت الضغط الجوى العادى وعند درجة حرارة متوسطة .

ويبرز من ذلك كله مضمونان هامان : الأول ، أن المجهر الالكترونى وجهاز دراسة التبلور بأشعة اكس يستطيعان الآن ، عن طريق مدنا بالمعلومات عن وضع الجزىء وعن القوى الفيزيقية التى بواسطتها يتحرك ويلتصق بالجزيئات الأخرى ، أن يعطيا المعلومات المفيدة عن كيميائية الطريقة التى

تتكون بها البوليمارات • ومن جهة أخرى ، فان العمل الفيزيقى الكيميائى الفذ الذى بواسطته يحدث وسيط كيماوى مصمم عن قصد نموا مرتبا لتركيب كالبوليثين ، الذى لا يختلف كثيرا عن الجلد ، وهو ما يعد القشرة الخارجية الواقية لثور ، أو لهذه المادة من اللحم ــ التى تتكون منها الخلايا الحية ــ هذا التحصيل الفيزيقى ــ الكيميائى يبدأ ليقترب نحو علم الحياة • ولكن الاحتمالات أمامنا ستقودنا مع ذلك الى أبعد • فالأنسجة الكيماوية التى أحدثنا بها انقلابا فى العالم الحديث ــ « النايلون » و « التيريلين » و«البرلون» ومثيلاتها ــ هى حقا دقيقة وعظيمة • والخليقة مع ذلك ، ما زال بامكانها التقدم الى أبعد • فالأصابع الدقيقة المتحركة التى بواسطتها تحرك بعض الكائنات المجهرية نفسها تدعى بالمحالب (١) • وكل منها نسيج متبلمر (ولكنها تبلمرت بالفطرة) • وكل منها عبارة عن اسطوانة من تسعة ألياف صغيرة حقيرة تغلف اثنين أخريين • وقد شوهدت هذه بواسطة الميكروسكوبات الالكترونية • وكل منها جزىء كيميائى عملاق قائم بذاته • ومع كل فان كلا منها متكاملة فى مجالها الدقيق : أى أن العمليات الجزيئية الخاصة بالحركة البيولوجية مجردة الى أدنى ضرورياتها •

والكيمياء علم يطول تعليمه • فكل كيماوى لابد له أن يظل يتعلم مهنته • والعناصر الاثنا والتسعون الموجودة على الأرض قد ازدادت الى مائة واثنين ، حين قام علماء الطبيعة بتخليق عدد منها صناعيا • ولابد من التحكم فى قوانين تبادلاتها وتفاعلاتها • ولكن خلف هذه المبادىء الأولية التى لابد أن يعرفها الرجل المحترف ، ترقد هناك فى ناحية جسيمات وقوى علم الفيزيقا الحديثة ، وفى الناحية الأخرى تركيب وحركة علم الحياة •

---

(١) المحالب : أحياء مجهرية أحادية الخلية « المترجم »

الفصل الثالث

الفيزيقا موضوع الساعة

أن لدينا فكرة عامة حاضرة عن ما هيـة العمل الجيـد ، بالرغم من أننا قد نجد صعوبة فى تعريفه بدقة . وبالمثل ، فعلم الفيزيقا ــ الذى غالبا ما يعرف ببساطة على أنه أوجه النشاط التى يجد فى أثرها علماء الفيزيقا ــ قد عرف حتى الآن على أنه يتناول مجموعة خاصة معينة من الموضوعات . ولكن الفيزيقـا كفت عن أن تكون موضوعا منفصلا منذ عام ١٩٠٥ حين أعلن اينشتين معادلته ط = ك ع٢ ، والتى تعنى أن الطـاقة تعـادل الكتلة مضروبة فى مربع سرعة الضـوء .

وركنا عالمنا الخارجى هما المـادة والطـاقة . والكيمياء علم المـادة ، أما الفيزيقا فيمكن الادعاء بأنها علم الطاقة . وكما أشرنا من قبل ، يعتمد التمييز بين المواد الكيميائية المختلفة عند أقصى مستوياته البدائية ، على اللون والوزن والرائحة ، أو صفات أخرى تحدث تأثيرا على احساساتنا . وانه لشىء تقليدى أن نصف أفرع علم الفيزيقا على نفس هذا الأساس . فمنذ جيل مضى ــ وحتى حاليا لدرجة ما ــ كان صغار تلاميذ المدارس يتعرفون على الفيزيقا عن طريق الحرارة والضوء والصوت . وأن طاقة الحـركة هى بالطبـع التى تحـدث الاحساسات بالحرارة والبرودة تماما كالدغدغه واللمس . فنحن نرى الضوء لسقوط طاقة اشعاعية بذبذبة معينة على قرنيات أعيننا . ونسمع الصوت عندما تقوم صورة أو أخرى من صور الطاقة بتوصيل طاقة للهواء ، وبالتالى محدثة موجات ذات ذبذبة مناسبة لنقل الحركة للخلايا الشعرية على الأغشية السمعية ، اما خلال عظام رأسنا ، أو عن طريق الأغشية السمعية لآذاننا .

ومن التناقض الغريب أنه فى الوقت الذى كانت تنشأ فيه أسس الكيمياء الحديثة ، أدعى عدد كبير من علماء الفيزيقا ، والذى كان من أبرزهم لاڤوازييه ، بأن الحرارة ليست جزءا من علم الفيزيقا ولكنها تنتمى الى الكيمياء • وبالفعل، وضـع لاڤوازييـه فى عام ١٧٨٩ « الكالوريك » (أى الحـرارة) كالأول فى مجموعة من العناصر بقائمة تحتوى على الأوكسيجين والنتروجـين والكبريت والفوسفور ، وخمسة وعشرين آخـرين • وقد كان هو ، ومن وافقـوه فى آرائه ، يعتقدون أن الحرارة تتكون من جسيمات مادة ، من ذرات دقيقة لمـادة الكالوريك تحتل الفراغات بين ذرات أو جزيئات أجسام مواد أخرى •

وبنفس طريقة التفكير كان الضوء نوعا كيماويا بالمثل ، وكان يعتـبر أنه يتكون من جسيمات مادة • وكانت الأجسام المغنطـة مملوءة « بالسيالات المغناطيسية المتصاعدة » ، واحتوت الحيوانات الحية على سـائل : « أرواح حيوية » • ولم يكن هناك سبب للافتراض فى القـرن الثامن عشر بأن هـذه العناصر ــ الكالوريك ، السيالات المغناطيسية المتصاعدة ، الضوء ، والبقية ــ احتوت أى علاقة ببعضها تزيد على ما كان للعناصر الكيمياوية المختلفة النيتروجين والكبريت والفوسفور • ولكن عندما اختلط القرن الثامن عشر بالتاسع عشر، نضجت النظرة الحديثة (لأمسنا نحن) بأن طاقات ، الحركة والحرارة والضوء والكهرباء ، والفعل الكيماوى والمغناطيسية ، يمكن أن تتحول أحـدها الى الأخرى كما يمكن تصورها كمظاهر مختلفة لكيان واحد ــ وبالتحـديد هو الطـاقة ! وانه لمن تناقض القرن العشرين الظاهرى أن علينـا الآن أن نأخـذ الطاقة ، وهى ادراك منتم الى الفيزيقا ، ونخلطها ثانيـة بالكيمياء تمشيا مع قانون اينشتين • وحقيقى ، بالطبـع ، أنه عنـد المستويات التى يمارس فيها الكيميائى عمله التقليـدى ، يوجـد فرق فى النوع بين العنـاصر الكيماوية واختلافها الظاهرى ، وبين الطاقة ، ــ سواء كانت ضوءا أو كهرباء أو حـركة ، أو حرارة ــ وانتظامها الواضح • ومع ذلك ، كما أوضحت مناقشتنا فى الفصل السابق عن بعض الطرق الكيماوية المستعملة اليوم فانه سرعان ما تصبح الخبايا الذرية لذرة كيماوية متضمنة فى طبيعة الطاقة الجسيمية •

وفكرة أن الحرارة كانت مجرد نوع من الحركة قد اقـترحت لأول مرة بواسـطة فرانسيس باكون وذلك فى عام ١٦٢٠ ، ولكن كان سـير بنيـامين

تومسون ، والكونت فون رامفورد ، هما من أظهرا فى عام ١٧٩٩ ، بتوصيلهما صهريج بماسورة بندقية أجرى ثقبها بمثقاب يدار بالجياد ، أن العمل الميكانيكى يمكن تحويله الى حرارة قد تغلى الماء الموضوع فى الصهريج • وأثبت ميخائيل فراداى بعد ذلك أن الشغل يمكن تحويله الى كهرباء ، وأن الكهــرباء يمكن تحويلها الى مغناطيسية • ولعشرات السنين كان المعتاد الادعــاء بأن الكهرباء لا يعرف كنهها أحد • أما اليوم فنعرف • فالكهرباء التى تسرى فى الأســلاك المركبة فى منازلنا بواسطة شركة الكهرباء ، والتى نستخــدمها فى العمل (فى المكانس الكهربائية) ، وفى الحرارة (أفران التحميض) ، وفى الصوت (الأجهزة اللاسلكية) ، أو فى الضوء ، تتكون من صف من الجسيمات الصغــيرة ــ الكترونات ــ كلها متماثلة بالضبط وكلها تزن جزءا من ١٨٣٧ جزءا من ذرة الايدروجين • فلتمرير تيار مقداره أمبير خلال مدفئة كهربية ، لابد أن يمر فى السلك ٦٢٤ × ١٠^١٨ الكترون فى كل ثانية •

ونحن الآن فى القرن العشرين مع الكهرباء ، التى تعــد بوضوح جزءا من الفيزيقا ــ وليس الكيمياء ــ كما أنها تعد بجلاء مظهرا للطاقة ، التى قد تعبر عن نفسها على هيئة حرارة ، ضوء ، صوت ، أو شغل ، ولكنها فى نفس الوقت تتكون من جسيمات هبائية ــ هى الكترونات ــ والتى ، كما ناقشنا ذلك فى الفصل السابق ، تكون أيضا جزءا من مادة كل الذرات الكيميائية •

والضوء ظاهرة طبيعية أخرى لقيت آراؤنا عنها بعض التغــيرات الهــائلة خلال الفترة الثورية الحاضرة من التقدم العلمى ، وقد اعتبرنا قبل ذلك الدور الغريب الذى تلعبه مجالات امتصاص الضوء ، كما يظهرها المطياف ، فى التعرف على العناصر الكيماوية المختلفة • وحتى القرن السابع عشر تراءت مجمــوعة من الآراء المختلفة عن أصل الضوء • وتدرجت هذه الآراء من الفكرة بأنهــا كانت بمثابة تأثيرات روحية ــ مثلا ، كأن تلتقى عينا الفرد بحــزمة رقيقــة وكريمة من الضوء ــ الى النظرية القائلة بأنها نوع من القوة ، أو الاهتزاز ، كما كان الصوت ، أو تيار من الجسيمات • ومنذ وقت نيوتن حتى حوالى عام ١٨٠٠ كان مقبولا بصفة عامة أن الضوء يتكون من جسيمات ، بالرغم من أن كريستيان هويجنز افترض أنه من الأحسن تفسيره على أنه يتكون من موجات

منتشرة بواسطة مادة غريبة ، جامدة جدا ، ورقيقة جدا مع ذلك ، انه الأثير المضيء •

وبالرغم من أن لنظرية الدقائق للضوء لنيوتن بعض المزايا فى بساطتها المنسجمة ، الا أنها فشلت فى اعطاء التفسير المرضى لعدد من الظواهر الملاحظ حدوثها عند مرور الضوء خلال موانع بها ثقب أو أكثر أو فتحات ذات أشكال مختلفة • فالصورة الملونة التى تشاهد من خلال نسيج مظلة حريرية عند النظر الى مصباح طريق بعيد عادة ما تذكر كمثال لواقعة تفسرها القوانين الرياضية لحركة الموجة كأحسن ما يمكن • ولكن فكرة الموجة تتطلب وجود وسط قادر على التموج • وحيث ان الملاحظات فى المعمل والحسابات الرياضية بالمثل دلت على أن الضوء ، اذا كان موجة ، كان ذا حركة مستعرضة ، فلابد لمادة الأثير الافتراضية أن تكون قادرة على نقل مثل هذه الموجة • وقد استلزمت ، لذلك، أن تكون نوعا من الصلب المرن أو الهلام • وبما أنه كلما ازدادت سرعة ذبذبة الموجة وجب أن يكون الهلام أشد صلابة ، فالمادة التى تقدر على نقل موجات الضوء ــ اذا تواجدت ــ لابد أن تكون صلبة جدا بالفعل ؛ وفى الحقيقة ، أقسى كثيرا من الصلب ! ومع ذلك فقد ظلت الذرات والجزئيات طوال الوقت تتحرك خلالها بدون أى اضطراب !

ومن الواضح أن أثيرا مفترضا له مثل هذه الخواص العجيبة كان فى خطر من أن يتمزق تطبيقا لرأى أوكام • وهذا الرأى المنطقى المفيد يقول باللاتينية ما يعنى عموما ، أن التفسيرات البسيطة خير من التفسيرات المعقدة بدون داع • وقد كان هذا الرأى كمرشد ذهنى نافع منذ أن وضعه وليام أوكام فى عام ١٣٤٠ أو حوالى ذلك •

وآراء علماء الفيزيقا العصريين عن الضوء أنه يكون نتيجة لتيار من الجسيمات ، الفوتونات ، التى تمتلك كل منها كما من الطاقة • ويبدو أن الفوتون يمكن تقييمه مع الالكترون والبروتون كأحد الوحدات الثلاث الأساسية للمادة ــ بالرغم من أن التمييز النهائى بين الجسيمات قد يصبح اليوم غامضا مبهما ، تماما كما يتحطم تماسك الذرات الكيماوية المختلفة باكتشاف الجسيمات • فالالكترون المحيط بالعنصر الكيماوى ، كما رأينا قبلا ، أصغر

بكثير من البرتون فى النواة • وبطـريقة مماثلة فكتلة الفوتون حوالى خمسة أجزاء فقط من المليون من كتلة الالكترون • وفى الحقيقة ، تكون كتلته مشتقة من حركته ؛ وسنناقش ذلك فيما بعد بايضاح أكثر • وهو لا يحمـل شحنـة كهربائية كما يحمل الكترون أو بروتون ، ولكنه يمتلك مجالا كهربائيا • أى ، أنه يؤثر على الكترون فى جواره •

وقد اكتشف ميخائيل فراداى أن الضوء له علاقة بالمغناطيسية والكهرباء ، فكان ذلك أحد الحقائق التى أدت الى الغاء الاعتقاد فى الأثـير المنتشر فى كل مكان • فقد أظهر أن المجال المغناطيسى يمكنه أن يتسبب فى دوران شعاع من الضوء المستقطب ، عند ما كانت حركة ذبذبته فى مستوى واحد معين • فاذا كان المغناطيس يستطيع التأثير على الضـوء ، فلابد أن يكون للضـوء شىء مغناطيسى • ثم أوضح جيمس كلارك ماكسويل أنه يمكن تفسير ظاهرة الضوء على أنها تعاقب سريع مستعرض لمجالات كهربائية ومغناطيسية متعـامدة على بعضها • وفى نفس الوقت فانه يمكن حسـاب سرعـة الضـوء من تجـارب كهربائية ومغناطيسية بحتة •

ويرجعنا هذا الى عام ١٩٠٥ • واينشتين ، مؤسس العالم الحديث للفيزيقا والكيمياء المترافقين هو العالم الذى نعيش فيه • فالمعادلة الشهيرة عن « النسبية الخاصة » ، كما يسميها علماء الفيزيقا ، وهى ط = ك ع^{٢} وهى تقرر أن الكتلة «ك» ، والطاقة « ط » ، متكافئتان ، ومرتبطتان بالفعل ، ببعضهما البعض بمربع سرعة الضوء ، « ع^{٢} » • ولكن بالنظر اليها من الزاوية الأخرى فهى تخـبرنا أيضا بأن الضوء له كتلة • ولذا ، فان الضوء ، مثله مثـل كل نوع آخـر من الجسيمات ، لابد أن يجتذب الى كتلات أخرى بقوة الجاذبية • والأثر الجذبى بالطبع ، بسيط جدا ، ولكنه مع ذلك يمكن ملاحظته فى حالة الأجسام الضخمة كالشمس • فالحسابات المباشرة للكتلات والمسافات تظهر أن الفوتونات لحزمة ضوئية مارقة أمام قرص الشمس وهى فى طريقها الى مشاهد على الأرض لابد أن تنحرف بزاوية مقدارها ١٫٧٥ ثانية دائرية • وقد قدر البروفسور ف • ل • جنزبرج من جامعة جوركى ، هـذه الزاوية بأنها تسـاوى تقريبا تلك المقـابلة لعلبة ثقاب على بعد ثلاثة أميال • وبالرغم من أن هذه زاوية صـغيرة ، فهى

ليست خارج نطاق قوة الأجهزة الفلكية الحديثة • ومنذ أن تكهن اينشتين ، متبعا منطق تحليله الرياضي بأن الضوء يتكون من فوتونات وأن هذه لها كتلة، تواجدت ثمانية مناسبات أمكن فيها مراجعة هذا التكهن بمقارنة وضع نجم عندما تكون الشمس قريبة منه فى السماء ، وفى نفس الوقت أثناء كسوف كلى ينطمس فيه وهج نور الشمس ، ووضعه عندما تكون الشمس فى مكان آخر • فكانت قياسات الازلحة الزاوية متوسطها ١ر٩٨ ثانية ، والتى تناسب كثيرا القيمة المتكهنة بخطأ قدره من ١٠ الى ١٥ فى المائة •

وبالرغم من حقيقة أننا نصف الالكترون كجسيم ، وأنه هو الذى يحدث الكهرباء التى اعتدنا عليها فى حياتنا اليومية عند سريانه عبر سلك على هيئة تدفق سريع ، وبالرغم من أن الأغلفة الخارجية للتركيب الخاص بالعناصر الكيماوية تتكون أيضا من نفس هذه الالكترونات ، فلابد لنا مع ذلك أن نقدر ، أن الجسيمات الصغيرة جدا للالكترون قد تبدو مختلفة عما اعتدنا تداوله فى أمورنا العملية • وهذا صحيح بالذات عند اعتبارنا لأصغر الجسيمات جميعها ، وهو الفوتون •

ومرة أخرى كان اينشتين هو الذى تصور فكرة أنه كلما ازدادت سرعة الجسيم ازدادت كتلته ، ففى البداية ، عند السرعات المألوفة التى تتعامل معها فى العادة ، يكون هذا الأثر بسيط ، ولكنه سريعا ما يصبح عاملا رئيسيا كلما ازدادت سرعة الجسيم • وأخيرا عندما تقارب سرعته سرعة الضوء ، تصبح الزيادة فى الكتلة كبيرة لدرجة بحيث ان الجسيم لا يمكنه أن يسير بأسرع من ذلك • وفى الحقيقة ، فان أحد النتائج الرئيسية لمعادلات اينشتين للحركة هى القاعدة الجديدة بأنه لا يمكن لأحد أن يتحرك بسرعة أكثر من سرعة الضوء • وبالرغم من أن هذا الكسب العلمى الهائل فى علم الفيزيقا العليا قد يبدو فى مظهره نظريا أكثر مما يثير اهتمام القارىء العادى ، فهو ليس كذلك • فعلى سبيل المثال ، تتخذ الالكترونات التى تمدنا بالصورة فى جهاز تليفزيون منزلى كتلة تزيد بحوالى اثنين الى ثلاثة فى المائة عندما تصدم الشاشة الفلورية للصورة ، وذلك بسبب طاقة الحركة المكتسبة فيها • وفى أنبوبة لأشعة اكس تعمل تحت جهد مقداره ٥٠٠ر٠٠٠ فولت ، تكتسب الالكترونات طاقة تكفى لمضاعفة كتلتها

وبالنظر الى الأمر من الجهة الأخرى ، فالفوتون ، وهو جسيم الضوء ، صغير لدرجة أنه لا كتلة له الا عندما يكون فى حركة •

وهذا يضع الشكل العام لعلاقة الفيزيقا الحديثة بالعلوم الأخرى عامة ، وبالكيمياء خاصة • وأقسام علم الفيزيقا وهى : الحرارة ، الضوء ، الصوت ، الكهرباء ، المغناطيسية ، ورياضيات قوانين الحركة التى بواسطتها يمكن وصفها ــ كل هذه تكون متداخلة • فكل منها صورة من صور الطاقة ، كما يمكن أن تتحول أى منها الى الأخرى • فالحركة يمكن تحويلها الى صوت : أدر الريش لصفارة تنبيه سيمكنك سماع الضجة منقولة بواسطة موجات الصوت فى الهواء المتذبذب • والحركة يمكن تحويلها الى حرارة ، حك عود ثقاب ، فتسبب الحرارة انفجار الرأس الى شعلات • والحرارة يمكن تحويلها الى حركة : ألا تعتمد السكك الحديدية فى تسيير القطارات على حرارة الفحم المحترق ؟ ولكن بالمثل أيضا قد يمكن تحويل الحرارة الى كهرباء فى محطة قوى ، وتحويل الكهرباء الى صوت بدق جرس الباب • ثم ، الأقمار الصناعية الحديثة ، التى تستعمل فيها البطاريات الشمسية ، التى يتحول فيها الضوء الى كهرباء • وليس هنا داع للاسترسال • فالنظرة التقليدية للأمس كانت مؤداها أن كل أشكال الطاقة التى تدخل فى الفيزيقا ، أمكن تحويل كل منها الى الأخرى •

ولكن مع أن المواد المادية ذات الكتلة ، والتى تعد النطاق لعلم الكيمياء ، قد انفصلت عن الطاقة ، أى عن مجال علم الفيزيقا ، منذ أن أثبت رامفورد أن الحرارة يمكن وضعها فى معدن ماسورة بندقية بواسطة احتكاك آلة ثقب ، فقد جمع بينهما ثانية المفهوم الحديث لطبيعة الذرات الكيماوية • وليس فقط بسبب اشتراكهما فى حيازة الالكترونات •

وكانت القاعدة الأساسية للكيمياء التقليدية أن الذرة الكيمائية ــ للكربون أو الهيدروجين أو الذهب ، أو ما تشاء ــ كانت ، حسب التعريف ، ثابتة على الاطلاق • وحقا انه فى عمليات الاتحادات والتفاعل الكيماوية قد يفقد أو يكتسب الكترون أو أكثر من تلك المكونة للأغلفة الخارجية للذرات ، وكان مفهوما أن الوصلات التى ارتبطت بواسطتها الذرات معا فى جزيئات ، قد تكونت من قوى كهرومغناطيسية لهذه الالكترونات • ولكن خلال كل هذه التغيرات ظل تماسك

نواة الذرة محفوظا . والنـــواة هى التى تعطى كل عنصر ذاتيته . ولألف ســـنة حاول الكيماويون القدامى أن يحولوا عنصرا الى آخر ، وقد فشلوا .

ثم وجد بيكوريل فى عام ١٨٩٦ أن مركبات اليورانيوم كانت تشع جسيمات ، وفى عام ١٨٩٨ قام بيير ومارى كورى بعزل أملاح الراديوم من خامات اليورانيوم. وبحلول عام ١٩٠٢ أثبت خلافا لكل المعتقدات الأولية للكيمياء القديمة أن هــذه الذرات الثقيلة جدا كانت تنحل وتحول نفسها تدريجيا الى عنــاصر أخــرى . فاليورانيوم بوزن ذرى ٢٣٨ ، والرديوم بوزن ذرى ٢٢٦ ، ينحلان تلقائيا مــع اخراج طاقة فى نفس الوقت . وقد اكتشف منذ ذلك الوقت أن النشاط الاشعاعى للراديوم سببه الفقدان المستمر لجسيمات ألفا . وجسيمات ألفا هذه ، فى الواقع ، هى نواة ذرة الهليوم . ويمكن أن يعد جسيم ألفا جزءا أساسيا من النواة مطرودا من ذرة الراديوم الثقيلة . وهو فى الواقع أثقل من الالكترون ثمانية آلاف مرة . وكان واضحا حينئذ ، أن تماسك نواة الذرة الكيماوية ، لم يعد حصينا بعد هذا.

ومضت الأمور سريعا منذ عام ١٩٠٢ . فاكتشــف سودى النظائر ــ وهى ما تعنى ، وجود عدة ذرات تبدو جمعيها ، بالحكم عليها من خواصها الكيماوية ، متكونة من نفس المــادة ولكنهــا مختلفة فى الوزن الذرى . وبعــد ذلك ، فى عام ١٩٢٣ تعرف جيمس شادويك على جسيم ثقيل ، وهــو النيوترون ، له نفس كتلة البروتون ذى الشحنة الموجبة ولكنه لا يحمل أى شحنة . وسرعان ما عرف أن ذلك كان جزءا ضروريا من النواة . وبدت النظائر الآن على أنها ذرات لهــا ترتيبات متماثلة من الأغلفة الالكترونية وأعداد متساوية من البروتونات ، ولكن لها أعدادا مختلفة من النيوترونات فى نواياتها . وجسيمات ألفا ، التى قد تعتبر كمظاهر للطاقة المنبعثة بواسطة مادة الذرة الكيماوية للراديوم ، تكون فى الواقع ، متكونة من اثنين من البروتونات واثنــين من النيوترونات . ويمثــل ذلك ، فى الواقع ، جسرا آخرا جوهريا جدا بين الكيمياء والفيزياء .

ولكن الطاقة المنبعثة بواسطة الذرات الكبيرة المعقدة للعنــاصر الكيماوية المشعة بطبيعتها ــ كالراديوم ، والثوريوم ، واليورانيوم ــ لا تتكون فقط من مثل هــذه المجمــوعات الأساسية من الجســيمات كالبروتونات والنيوترونات لجسيمات ألفا . فأشعة بيتا تتكون من الكترونات ، وأشعة جاما تماثل فى نوعها

آشعة اكس ــ وهما أيضا ينبعثان • ويكون ذلك كما لو أن التعقيد للأغلفة ، أحدها بداخل الآخر ، لأثقل الذرات هذه ، يحدث اجهادا على درجة من الشدة لا تتمكن معه الذرة من التماسك • ومع ذلك ، فقد اكتشف ا • كورى و•ف • جوليوت عام ١٩٢٤ أن هذا التفكك لتماسك ذرة كيماوية قد لا يصيب بالذات هذه العناصر المعقدة الثقيلة بصفة خاصة • فقد وجدا أنه عندما نداعب بواسطة حزمة من جسيمات ألفا ، بعض العناصر الخفيفة والواقعية فى ظاهرها مثل البورون والمغنسيوم ، أو الالومنيوم ، فانها تصبح مشعة ، على الأقل لفترة ما ، بعد توقف اشعاع جسيمات ألفا • فالعنصر العادى ، الذى سبق اعتباره غير قابل للتغير ــ فى حكم القوانين الكيميائية لبقاء المادة ــ تحول الى نظير صناعى مشع •

وعندما يقذف جسيم ألفا داخل النواة المغلقة تماما لذرة ، فهو يحدث اضطرابا فى توازن القوى الذى يحفظ الذرة عادة متماسكة • وهذه القوى فى النواة قوية • حقا ، فحتى جيلنا نحن لم يكن تمزيقها ممكنا أبدا • وذلك هو السبب فى أنهخلال تاريخ العلم الكيميائى ظل الذهب دائما ذهبا ، مهما أجرى عليه من عمليات كيماوية ، وظل النيتروجين على الدوام تتروجينا • ولكن فى عام ١٩١٩ ، تمكن روذرفورد من قذف النتروجين بجسيمات ألفا وحول النتروجين الى أوكسجين •

والحد بين الكيمياء وهى علم المادة ، وبين الفيزياء وهى علم الطاقة ، قد زال بكامله • فقد اعتدنا على استعمال الطاقة الكيميائية منذ اختراع الآلة البخارية • ولكن هذه قد اشتقت ببساطة من تفاعلات الأغلفة الالكترونية الخارجية التى تحيط تماما بالعنصر • وظلت النواة ، القلب لأى عنصر ، سليمة لم تمس • فالفحم ، المتكون أساسا من الكربون والهيدروجين والأوكسجين ، يتحد بأوكسجين الهواء فى غرفة الاحتراق لقاطرة : فتتولد الحرارة ، ولكن العناصر الكيماوية الأصلية تبقى ولو أنها رتبت فى صورة ك ا$_2$ ، يد$_2$ ا • واليوم عندما تبعث الذرة المتوترة من الراديوم بجسيم ليضرب نواة عنصر آخر ، تضطرب القوى التى تحفظ تماسك هذا العنصر الآخر ويصبح مشعا أيضا ، كما ذكرنا • ولكنها قد لا تبعث فقط بجسيمات ألفا ــ أى بروتونات ونيوترونات ، أو جسيمات بيتا وهى الكترونات ، أو بأشعة جاما • فقط يظهر بالمثل بوزيترونات•

وهذه جسيمات لم يعثر عليها من قبل ، وهى التى تماثل الالكترونات ، أى الجسيمات السالبة الكهربية ، عدا أن البوزيترونات تكون جسيمات كهربية موجبة • ولم تصبح المواد الصلبة للكيمياء التقليدية فى ضوء علم الفيزيقا مجموعة من الجسيمات الكهرومغناطيسية فقط ، ولكن هناك الآن جسيمات تظهر كأنها مقلوبة ظهرا على عقب ــ تسمى بمضادات الجسيمات ، والتى يعد البوزيترون أحدها • فذرة الهيدروجين تتكون من بروتون واحد مع الكترون واحد يدور حوله • وبجانب البوزيترونات (المضادة للالكترونات) ، يمكن التعرف على «مضادات البروتونات » ، وهى بروتونات ذات شحنة سالبة • ولذا فمن المعتقد أنه يمكن وجوداتحاد من «مضاد بروتون»واحد مع بوزيترون واحد يدورحوله• وبعبارة أخرى ، ذرة من « مضاد الهيدروجين » : وهذه ليست مادة ، ولكنها • « مضاد المادة » •

ومنذ عام ١٩٣٠ تعود الكيماويون على البروتونات والنيوترونات الثقيلة الشاملة لنواة العناصر الكيماوية المألوفة التى تكون منها الكون • والالكترونات التى تتماسك بواسطتها المركبات الكيماوية ، وفوتونات الضوء ، التى يكون لها كتلة فقط طالما أنها تتحرك ، قد سلم بهما أيضا • ولكن أصبح واضحا حديثا جدا أنه توجد أيضا مجموعة كاملة من جسيمات أخرى • ولم يتمكن الكيمائيون حتى العهد الحالى للفيزيقا من تعليل المتانة التى تلتصق بها البروتونات والنيوترونات معاً فى نواة الذرة • وأوضح حاليا عالم الفيزيقا اليابانى يوكاوا أن البيونات الدائرة هى التى تربطها ببعض ٠ولكن هذه الجسيمات ، والبيونات ، تنحل بنفسها الى ميونات ، وهذه تتحول بالتالى الى نيوترينووات ، وهى ما اكتشفه ياولى سابقا فى انحلال النيوترونات • وبجانب تلك ، اكتشفت خلال الخمسينات عدد من الجسيمات المختلفة فى الأشعة الكونية • انها جسيمات لمداوكاى وسيجما وميزونات لك •

وقد أكمل الكيميائى الجدول الدورى للعناصر ، وأمكنه لفترة أن يقتنع بأنه كان يدون الأنواع المختلفة للذرات التى لا يمكن تجزئتها على الاطلاق • ولكن ، حالما اقتربت قائمته من الاكتمال ، بدأ علماء الفيزيقا الحاليون فى اثبات أن هذه ليست هى الجسيمات القصوى للمادة أبدا • فالجدول الحديث للجسيمات الذى يحل محل الجدول الدورى للعناصر قد يبدو كما يلى :

الجسيمات الأولية (١٩٥٧)

جسيمات ثقيلة	جسيمات متوسطة	جسيمات خفيفة	جسيمات لا وزن لها
بروتون	بيون	الكترون	فوتون
مضاد ـ البروتون	مضاد البيون	بوزيترون	نيوترينو
نيوترون	بيون ـ متعادل	ميون	مضاد النيوترينو
مضاد النيوترون	ميزون ك	مضاد الميون	
لمدا	مضاد ـ		
كاى	ميزون ك		
سجما	ميزون ـ ك		
مضاد السجما	متعادل		
سجما ـ متعادل			

ولكن فى الوقت الذى بدأت فيه هذه الصورة المنظمة ظاهريا للطبيعة الفيزيقية للمادة تتلاءم مع بعضها ، فقد تغيرت فجأة تقريبا مرة أخرى . ففى مناقشة هيزنبرج لمفهوم علماء الفيزيقا الحديث للطبيعة ، يشير الى صفة الفناء لبعض هذه الجسيمات . فقد أشرنا فعلا من قبل الى الفوتون ، الذى يتخذ كتلة عندما يتحرك فقط . وفى الميزونات نوع يبلغ عمره حوالى جزء من مليون من الثانية ، وآخر يعيش لفترة حوالى جزء من مائة من هذا الوقت فقط ، بينما يستمر نوع ثالث ، وهو ما ليس له شحنة كهربية ، لمدة حوالى جزء من مائة بليون جزء من الثانية فقط . وبخلاف هذا ، على أى حال ، أصبح من الواضح حديثا أن هذه الجسيمات الأولية يمكنها أن تتغير احداها الى الأخرى فى أثناء تصادمها ، مع حدوث تغيرات هائلة فى الطاقة . وعندما يصطدم جسيمان من هذه ، وتنطلق الكمية الهائلة من الطاقة أو تمتص ، تخلق جسيمات أولية جديدة ، بشحنتها الخاصة من الطاقة ، وتتغير الجسيمات الأصلية ، بطاقاتها ، الى مادة جديدة .

والعناصر الاثنا والتسعون المختلفة ، ومعها المواد المنتجة صناعيا بأوزان ذرية أكبر من اليورانيوم ، أصبحت عبارة عن تباديل بين الجسيمات التى تعدو العشرين بقليل والمدرجة فى القائمة السابقة • ولكن هــذه الكيمياء الفيزيقية الجديدة لم تبق ثابتة فى حد ذاتها • ففى كلمات هيزنبرج « ان أحسن ما توصف به هذه الحالة من الأمور أن تقول ان كل الجسيمات ليست فى الأساس الا حالات سكون مختلفة لنفس المادة الواحدة • ومن ثم ، فحتى أحجار البناء الأساسية الثلاثة قد اختصرت الى حجر واحد • فهناك نوع واحد فقط من المادة ، ولكنها يمكن أن تتواجد فى حالات سكون مختلفة قائمة بذاتها • وبعض هذه الحالات ــ أى ، البروتونات والنيوترونات والألكترونات ــ تكون ثابتة بينما كثير غيرها ليست كذلك » • فاذا كانت الطبيعة تتداخل من ناحية مع ما هو فى الواقع ، مواد صلبة للكيمياء وكيماوياتها ، الا أنها تقودنا فى الناحية الأخرى الى مفهوم للكون على أنه متكون من طاقة وحدوية •

ولابد لنا أن نقبل رأيين آخرين جديدين تماما للفيزيقا الحديثة : هما التشكك وزوال المماثلة • وقد وافقنا من قبل على أن الفيزيقا قد بددت خط التقسيم الذى يفصل الكيمياء عنها • وقد أنشأ الآن التطور الجديد لقاعدة التشكك التى دفع أساسها هيزنبرج ، طريقة مختلفة تماما للتفكير عن العلم بأجمعه •

وتقرر هذه القاعدة الجديدة للفيزيقا أن ما يحدث على المســتوى الذرى ــ أى المستوى الذى تعمل عنده أجهزتنا التليفزيونية ، ومحطات القوى النووية والقنبلة الهيدروجينية كذلك ــ لا يمكن مشاهدته على وجه التحقيق • والسبب هو أن الجسيمات التى تتكون منها المادة تكون صغيرة جدا • وهناك قول باللاتينية معناه أن القانون لا يستطيع أن يهتم بالأشياء التافهة • فأنت قد تتهم بالسرقة عن طريق الحيازة اذا احتفظت بورقة بنكنوت من فئة الألف جنيه تسقط فى حديقتك ، بالرغم من أن العثور على قرش فى الطريق يعد صيدا عادلا • ولكن ، يجب على عالم الفيزيقا الحالى أن يتعامل مع الأشياء على مستوى ذرى ــ أى ، مع القروش والملاليم ، والى أصغر من ذلك أيضا • وعلى سبيل المثال ، فهو يحتاج لأن يكون قادرا على استعمال قذائف الألكترونات فى مجهره الألكترونى ، والأشعة الضوئية التى تعمل بها بطاريات أقماره الصناعية •

فالالكترونات والفوتونات صغيرة جدا ، وعندما نحاول ملاحظة سلوكها الشخصي ، نكتشف أنه ليست هناك ثمة طريقة لعمل ذلك بدون اثارتها • ففي العالم العادي ذي النطاق المتسع الذي نعيش فيه يمكننا أن تتبع المسار لكرة تنس الطاولة بدون التأثير عليه مطلقا • فالضوء يبذل ضغطا معينا ، وعلى وجه الدقة ، عندما تقع الفوتونات المنطلقة على الكرة ، ولكن ليست هناك حاجة لمحاولة لعب تنس الطاولة في الظلام ، لأن ضغط الضوء أقل من أن يحدث أي فرق • ولكن الوضع يختلف تماما بالنسبة لعالم الفيزيقا النظرى الذى يضطر الى معرفة مسار الكترون •

ومنذ ثلاثمائة عام تمكن نيوتن من تنظيم للهرج الذى كان يسود مفهومنا لطبيعة الكون بافتراضه وجود الغاز «الكامل» ، أو ما يقوم مقامه وهو السائل المثالى أو « النيوتونى » كما نسميه الآن • وهذا السائل أو الغاز غير موجودين فى واقع الأمر ولكن بالتفكير فى الكيفية التى يمكن أن يكون عليها سلوكهما ان وجدا ، توصل نيوتن الى بعض استنتاجات مفيدة جدا • وبالمثل ، فى عالمنا المختلف تماما للفيزيقا الذرية ، اختبر هيزنبرج الوضع بواسطة « تجربة فكرية » • فقد جهز نفسه وفقا لتفكيره ببندقية خيالية يمكنها اطلاق الكترون واحد داخل صندوق فارغ تماما • وحين تخيل صندوقا فارغا ، تخيل واحدا خاليا تماما من أى ذرات للغازات الجوية أو أى شىء آخر • وقد ألحق بالصندوق الخيالى ، على أى حال ، مجهرا خياليا مفروض أن يكون قادرا على التقاط مسار الألكترون المفرد •

وتبعا لقوانين الميكانيكا الكلاسيكية ، لا بد للالكترون أن يتخذ مسارا بشكل القطع المكافىء ، تماما كالذى تتخذه قنبلة مطلقة فى فراغ • ولسوء الحظ ، على أى حال ، أنه عندما نشرع فى ملاحظة الالكترون ، سوف تضرب فوتونات الضوء التى نحتاجها لكى نعرف أين يذهب ، وتتسبب له فى أن يرتد ، وأن يغير من سرعته • والحقيقة المجردة هى أنه بعمل ملاحظات علمية على مساره ، نفسد نحن هذا المسار ، ونجعله يتعرج •

والآن ، كلما ارتفع تردد ذبذبة الضوء ، كبرت الطاقة التى يمتلكها كل فوتون • فنستطيع لذلك ، أن نقلل من تداخل الفوتونات التى نلاحظ بواسطتها مسار الالكترون الذى ندرسه اذا استعملنا ضوءا ذا تردد منخفض • ولكن

حيئذ ، عندما يزداد طول موجة الضوء الذى نستخدمه فى مجهرنا الخيالى ، وبالرغم من أن ذلك يقلل من قلقلة الالكترون ، يقل امكان رؤيته جيدا وتحديد موضعه •و قد تأمل هايزنبرج رياضيا التشكك المركب لوضع جسيم وسرعته فى أى وقت ، وبين أنه لا يمكننا أبدا تحديد مساره كخط متعرج بل فقط كشريط مستعرض • والصفة المميزة الهامة فى فكرة « التشكك » هذه ، أنها تقدم التفسير عن سبب امكان أن ما نعرفه كجسيم يبدو أيضا فى سلوكه كموجة •

والرأى الثانى الجديد عن طبيعة الكون هو « زوال المماثلة » • وهو أيضا ، مثل قاعدة « التشكك » لها يزنبرج يبين لنا أن هناك حدودا للفهم لم نفكر أبدا حتى الآن فى تخطيها • وقبل ابتداع هايزنبرج لقاعدة « التشكك » ، كان يبدو أن ما يخالف الادراك العام ، أن يستطيع الضوء أن يسلك تحت مجموعة ما من الظروف كما لو كان تيارا من الجسيمات ، وتحت مجموعة ظروف أخرى كما لو كان موجة • وهناك حاليا ، اثبات رياضى جيد على أن الضوء دائما ، فى الواقع ، يكون من نفس المادة ، وأنه يتصرف فى الحقيقة ، تبعا للمنطق والادراك العام • وهذه المعرفة تمكننا من التحكم فى جميع أنواع الظواهر الذرية التى نريد استخدامها فى التليفزيون والرادار وللقوى النووية • وبالمثل ، فقد كان مفروضا دائما حتى عام ١٩٥٦ كنوع من الادراك العام للعالم الذى نعيش فيه ، أن كل شىء قادر على أن يكون له صورة مماثلة • فقفاز اليد اليمنى هو الصورة المماثلة لقفاز اليد اليسرى ، وفى العالم المدرك بالنسبة للقفازات ، يكون قفاز اليد اليمنى المشاهد فى مرآة دائما قفازا ليد يسرى • وقد أيدت كل الخبرة حتى عام ١٩٥٦ فكرة أنه ليس هناك شىء يستحيل معه أن نفترض أن كل شىء يمضى فى اتجاه واحد ، اذا أردنا ، أن نجعله يمضى فى الاتجاه الآخر بالمثل • فعقارب الساعة تمضى فى اتجاه عقرب الساعة ، ولكن لن تكون هناك أى مشكلة فى أن نصنع ساعة تلف فى عكس اتجاه عقرب الساعة • وفى الواقع ، فصورة العالم المنعسكة مرتبة ومنطقية تماما كالعالم الذى نعيش فيه • وجميع ما نعرفه ، فى الحقيقة ، هو صورة العالم المنعكسة • واعتبر الجانب الآخر ، بأننا لو أمسكنا مرآة فان كل شىء ، بدون استثناء ــ القفازات ، الساعات ، البوصلات ، البطاريات الكهربائية ، والنظام الشامل الذى نعيش فيه ــ ينعكس ، وتنقلب جميع الظواهر التى نعرفها رأسا

على عقب . تلك هى « بقاء المماثلة » . وأنت قد تقول ، انها جـزء من الادراك العام ،أليس كذلك ... ؟

ولكن التصـــور الجديد للفيزيقا أثبت حاليـــا أنه ليس كل شىء حقا يمكن أن ينقلب فى مرآة . ففى الواقع ، وتحت ظروف معينة ، لا تبقى المماثلة . وحدود الفهم التى اخترقها ت . د . لى ، ك . ن . يانج أظهرت لنا أن العـــالم أحيـــانا يكون « لولبيا » .

وهذان الفيزيقيان الشابان ، ويعمل كلاهما فى أمريكا ، أحدهما فى جامعة كولومبيا ، والآخر فى معهد للدراسات المتقدمة فى برنستون ، بدآ يفكران جديا فى حالة شذوذ مبهمة ، وفنية للغاية ، ولم يسبق تفسيرها من قبل . فهناك نوع من الجسيم ذو حجم متوسط ، أصغر من البروتون لكنه أكبر من الالكترون ، يدعى الميزون . وقد وضعته فى الجدول السابق.وحاليا ، يكون ذلك ادراك عام (أو على الأقل كان كذلك حتى عام ١٩٥٦) أن نفترض أن نفس النوع من الشىء فى هذا العالم يكون دائما متماثلا . فمثلا ، تحتـــوى كرة مملوءة بالهيدروجين على ملايين الجزئيات تتكون كل منها من ذرات الهيدروجين ، والتى تتركب كل منها من بروتون واحد مع الكترون واحد يدور حوله . وكل من هذه الذرات الملايين تكون متماثلة . وقد فكر فى الأمر مليا الفيلسوف جوتفريدفون لايبنتز ، بالطريقة التى يتبعها الفلاسفة ، ليقدم ما أسماه « قاعدة عظيمة » ، والتى وضعت هذا النوع من الافتراض ذى المفهوم العام فى صورة تقليدية . فيقول افتراضه « ان حالتين غير متميزتين عن بعضهما بعضا هما نفس الحالة » . أما لى ويانج ، لما لهما من ادراك عام مثل ما لرجل الغد ، بجانب التفوق فى مقدار لا بأس به من الفطنة ، فقد بذلا فكرهما للحقيقـــة المثيرة ، بأنه على الرغم من أن فى جميـــع الحالات باستثناء واحدة ، تكون الميزونات متماثلة عندما يجرى التعرف عليهـــا تحت مجموعتين خاصتين من الظروف . فقد كانت هناك هذه الحالة الواحـــدة التى اختلفت فيها الميزونات . وكان الذى يحير أن ما يسمى بالتاوميزون يتحلل بمرور الوقت الى ثلاثة من الباى ميزون ، بينما يتحـــول الثيتاميزون الى اثنين فقط من الباى ميزون . فاذا كانا متماثلين فى البداية ، لا يمكن لهمـــا أن يختلفا فى النهاية ما لم يكن هناك شىء لا مثيل له أبدا يحدث فى هذا الكون .

وعندما كانت الكيمياء لا تزال كيمياء وقبل أن تصبح مختلطة بالطبيعة كما هى الآن ، كان مقبولا كأحد القواعد الأساسية فى العلم ألا يوجد استثناءات فى قانون بقاء المادة . أى أنه بالرغم من تغير الأشياء أثناء التفاعل الكيماوى ، فلم يحدث أبدا أن أفنى فعلا أحد العناصر المكونة ، وعندما أوضح اينشتاين أن الكتلة يمكن تحويلها الى طاقة مع فناء مقابل للمادة ، كما نراه يحدث حاليا فى الانفجارات الذرية ، وجب الغاء قانون بقاء المادة . ولكن بدلا منه يمكن تقديم قانون بقاء الطاقة . فقد أعاد القانون دنيا العلم المنطقى الى نفس المكان المريح المفهوم التى كانت فيه من قبل . ومع ذلك ، فقد تصور لى ويانج فكرة أن الشذوذ الغريب فى التاو والثيتاميزونات قد يكون مثالا لمجموعة عامة من الحقائق التى أثبتت أنه تحت بعض الظروف قد لا تبقى الطاقة ، وقد لا يتوازن كل فعل مع رد فعل مساو ومضاد ، أى ، فى الواقع قد تزول المماثلة .

ويسمى علماء الفيزيقا النووية المجموعة العامة للظواهر التى تعد التاو والثيتاميزونات مثالا لها « بالتفاعلات الضعيفة » . ومثال آخر للتفاعلات الضعيفة هو تفريغ جسيمات بيتا (أى ، الالكترونات) بواسطة نظائر صناعية مشعة . والكوبالت ٦٠ المشع مادة ملائمة للتعامل معها ، لأن نصف عمره ٥٫٣ سنوات . ومن المعروف أن نواة الكوبالت ٦٠ لها حركة درور . والآن ، فى عالم عادى متوازن ومتماثل حيث يسير الكترون ذرة الهيدروجين فى مداره حول برتون النواة ، يكون واضحا أنه لا يهم سواء نظرت الى واحدة من ملايين الذرات المتماثلة من الهيدروجين مباشرة ووجها لوجه ، أم فى مرآة . ومع ذلك ، فقد رأى لى ويانج أنك اذا أخذت على عاتقك تصفيف مجموعة من نوايات الكوبالت المشع بحيث تلف كلها حول محور راسى مثلا ، فستجد أن الاشعاع بيتا لا ينطلق منها فى اتجاهات متساوية ومتضادة كما يشير بذلك المنطق والادراك العام ــ وحتى قوانين نيوتن أيضا . وقد قدم لى ويانج هذا الرأى استنادا الى القياس بما يسمى « لغز التاوثيتا » .

وكانت مناقشتهما مقنعة لدرجة أنها حثت مجموعة من علماء الفيزيقا فى جامعة كولومبيا بنيويورك وفى المكتب القومى للمعايرة على تنظيم تجربة ليروا ما اذا كانت الفكرة صحيحة أم لا . وكانت التجربة مأثرة فى التنظيم وشاقة

تماما • فكان المطلوب آلة كبيرة ، (السيكلوترون الخاص بجامعة كولومبيا)، لتولد القوى اللازمة للحصول على نوايات الكوبالت مصطفة تماما ، كما احتاج الأمر بالمثل الى آلة تسجيل معقدة • وفى ديسمبر عام ١٩٥٦ ، بعد ستة أشهر من الاعداد ، نفذت التجربة • وبالنظـر والتمعن ، كان لى ويانج على حق • فاذا تخيلت نواة الكوبالت ٦٠ كقمة تلف ، فهى تطرد الكترونات لأعلى ، بينما تطرد لأسفل مضادات ــ نيوترينووات وهى مختلفة تماما وأصغر بكثير • وفى الواقع تكون نواة الكوبالت غير متماثلة الأجزاء ، ولا يمكن أن تكون غـير متميزة عند النظر اليها فى مرآة • والكون ، ممثلا على الأقل فى طبقة التفاعلات الضعيفة ، يبدو كما لو كانت له سن لولبى فى اتجاه واحد ، وبذلك ، غير قابل للعكس •

وقد استرسلت بعض الشىء فى هذا الأمر الخاص بزوال المماثلة ، لا لأن فكرة عدم التوازن بين النوايات المشعة يمكن استخدامها فى أى غرض عملى ، كتسيير القطارات أو اضاءة منازلنا ، (اذ تستعمل أنواع أخرى من التفـاعل أكثر « منطقية » لهذه الأعمال) • ولكن السبب فى امتداد تأملنـا للمعـرفة الانسانية بشىء من التفصيل أنها علمتنا مرة أخرى ، تماما كما علمنا من قبـل جاليليو ونيوتن وباستير وداروين واينشتاين ، أنه حتى قواعد العلم الأساسية الكبيرة قد تحتاج الى اعادة فحصها دوريا •

ومبادىء العلم الرئيسية ــ للفيزيقا والكيمياء ، وهما أساسا شىء واحد ، كما رأينا ــ يمكن الاعتماد عليها فى المجالات المتسعة التى تطبق فيها • فلا تزال قوانين نيوتن للحركة تستخدم فى مسائل الكور المتحركة والفاكهة الساقطة ، والتى توضع منها مسائل امتحانات المدارس • ولكن عند مستوى أعلى من التبصر ، تأتى ارغاما تعديلات اينشتين لقوانين نيوتن • وتكون صحتها أيضا غير معترض عليها فى عهدنا النووى الحاضر • وبالمثل ، بينما لا يزال قانون بقاء الطاقة يسرى بالنسبة للأشياء على نطاق واسع ، فقد ثبت حاليا أن نفس القاعدة الأساسية لا يستمر سريانها فى دنيا التفاعلات الضعيفة • وقد بدأ علماء الفيزيقا النظريون الآن فقط فى تأمل ما يتضمنه هذا الاكتشاف الجديد تماما • فعلى سبيل المثال ، فان من ضمن أضعف التفاعلات جميعها ، تلك المحتوية على قوة الجاذبية • والاحتمال بأن هذه الأفكار الجديدة قد تقود يوما ما الى طـريق

حول قانون الجاذبية ، نشأ على الأقل بطريقة تجريبيـــة ـــ مثـــلا ، بواســـطة البروفسور موريسون من كورنيل •

وافتراضنا الآن أن عالمنا هذا هو فى أساسه عالم متماثل ، اذا تحركت فيه أرجوحة أطفال بدون احتكاك لأسفل ، فانها تعود وتتحرك بنفس القيمة لأعلى، أو عالم يتساوى فيه دائما سقوط نصف قرش كامل على أى من وجهيه ـــ وحيث أن « لى ويانج » أوضحا لنا حاليا ان هذا الافتراض لا يمكن الأخذ به قضية مسلمة ، فان أنواعا أخرى من عدم التماثل قد تستحق الفحص • فلماذا ، مثلا ، نفترض أن العالم يتكون معظمه من مادة ونستثنى منه مضادات المادة •

وعلم الفيزيقا يدخل فى صميم كل ما نفهمه عن أصل الكون الذى نعيش فيه ، فالمواد المادية المحيطة بنا ـــ الاثنا والتسعون عنصرا طبيعيا لهذا الكوكب بالاضافة الى حوالى عشرة صناعية نجحنا الى حد كبير فى صنعهـــا لأنفسنا ـــ تتكون من الجسيمات الموضوعة بالجدول السابق ، وربما من قليل غيرها لم يتعرف عليها بعد • ولكن يبدو أن هذه كلها قد تكون فى حـــد ذاتها مجـــرد مظاهر للطاقة على هيئة صور مؤقتة ومختلفة • وقد اعتدنا أن نرى أحيانا أن المنزل الباهظ التكاليف الذى نغادره فى الصـــباح ، مملوءا بالأثاث والرياش القديمة والحديثة ـــ مثل كتبنا وصورنا وأعمدة البهو البلوطية المنقوشة ـــ قد يتحول الى كومة من الرماد وسحابة من الدخان عنـــدما نعود اليه مســـاء وقد يبدو هذا التحول بالنســـبة لبربرى أو لرجـــل من المريـــخ أنه معجزة • وبالنسبة لنا ، على أى حال ، وبالرغم من أنه قد يكون من سوء الحظ ، فهو مجرد مثال للكيمياء : فالاحتراق شىء نفهمه جيدا •

ونحن نفهم الآن كذلك كيف أن كتلة من اليورانيوم ـــ ٢٣٨ ، وهى صلبة كالصخر وأثقل من الرصاص يمكن أن تتحول الى شىء آخـــر • فيمكننا أن نجعلها تحترق ببطء فى قاعة مقفلة ، أو نحولها الى شـــعلة فوق نجـــازاكى • والاحتراق مجرد تفاعل يؤثر على أغلفة الالكترونات الخارجية لذرات المادة ، بينما تؤثر التفاعلات النووية على النواة الداخلية المترابطة بأحكام فائق • وحتى الوقت الحاضر ، وجدنا فى الكربون (على هيئـــة فحـــم أو بترول وفى بعض الأحيان خشب) ذرة ملائمة للحصول منها بواسطة التفاعل الكيماوى على الطاقة

اللازمة لراحتنا وتصنيعها • ونستعمل اليورانيوم حاليا كمادة مناسبة بالمثل لاعطاء طاقة وذلك باستخدام المعرفة العلمية المتقدمة • وفى هذه المرة ، على أى حال يكون التفاعل ، بحسب تسميته ، فيزيقيا • والغرض واحد : وهو تسيير القطارات وتزويد الشبكة بالقوة •

وقد جاء نيوتن بالنظام من خلال الفوضى فى القرن السابع عشر ، ولكن النظام القديم يتغير كلما ازدادت المعرفة • فاذا جاز لى أن أعيد قول الشاعر الكسندر بوب مرة أخرى :

لقد اختفت الطبيعة وقوانين الطبيعة فى ظلام الليل ، فقال الله كن يانيوتن فكان وعم النور كل شىء •

وأتبع ذلك بكلمات الشاعر ج • س • سكواير :

لم يدم الأمر : اذ عوى الشيطان « ها ! » •

وقال الله « ليكن اينشتين فكان ! » ليعيد الحالة لأصلها •

وليس اينشتين فقط ، بل هيزنبرج بالمثل ، ولى ويانج ، ومبدأ زوال المماثلة •

وقد تقف جبهة الفيزيقا وجبهة الكيمياء فى جانب واحد ، ولكنهما يتاخمان أيضا جبهة الفلسفة • فقد حاول الكيماويون القدامى لألفى سنة أو أكثر أن يغيروا نوعا من المواد الصلبة الى آخر • أما الآن وقد تعلمنا كيف نفعل ذلك ، فالذهب الذى نمسكه فى يدنا لا يوجد على الاطلاق • فقد تحول كما لو كان فى قصص خيالية الى أوراق يابسة بحلول الصباح • أما ما بقى معنا فهو ذلك الشىء غير الملموس والأكثر صلابة فى نفس الوقت وهو الطاقة •

الفصل الرابع

هل علم البيولوجيا كيمياء ؟

كانت آراء الانسان النابة عن علم الأحياء أو البيولوجيا قبل عام ١٨٥٩ مشتقة فى جوهرها من كتاب سفر التكوين . فكل الأشياء الحية هى مادة علم البيولوجيا ، وحتى عام ١٨٥٩ ، منذ أقل من مائة عام بقليل كان مسلما بأن علم البيولوجيا منفصل تماما عن الكيمياء ، وكانت الحياة مسألة خلق ذاتى ، ليس فقط فى مناسبة واحدة كما ذكر فى الفصل الأول ، من كتاب سفر التكوين ، بل فى أى وقت ، فالضفادع وثعابين المياه تولدت من الطين ، والديدان الصغيرة من اللحم الفاسد ، والجرذان من النفاية . وقد سلم الناس العقلاء بهذه النظرية لأجيال . والناس أمثال ، نيوتن ، وليام هارفى ، ديكارت وفان هلمونت ، لم يبحثوا الموضوع أبدا بجدية . وكان مسلما بدون شك أيضا بأن المواد العضوية المشتقة من الأشياء الحية تختلف فى النوع عن تلك المواد التى يبحثها الكيماويون . « فقوة الحياة » فقط هى التى يمكنها انتاج مثل هذه المادة .

ونظرتنا اليوم مختلفة تماما ، ففى عام ١٨٢٨ حين تتبع فولر وليبج التركيب المعملى للبولينا ، وبيرثلو . الذى صنع فى عام ١٨٥٦ حامض الفورميك والايثيلين ، ومن الأخير ، صنع الكحول — الذى كان يعد من قبل منتجا بيولوجيا بحتا — أوضحوا أن المواد العضوية مادة مناسبة للدراسة الكيميائية تماما كالمواد غير العضوية . وقد قامت نظرية النشوء — أى نمو الأشكال البيولوجية الأكثر تعقيدا من أخرى بسيطة — على دنيا الآراء فى عام ١٨٥٩ بنشر مؤلف « أصل الأنواع » لداروين . وقد كان فى نفس هذه الفترة من

منتصف القرن التاسع عشر أن نشر باستير الجزء الأول من مؤلفه الذى كان يؤدى الى الغاء نظرية التوالد الذاتى •

وبذلك نأتى الى الكيمياء الحيوية ــ وهى تطبيق المبادىء الكيميائية على المسائل البيولوجية ، وانى لأحسب أن علماء الكيمياء الحيوية مروا خلال تطور فرعهم من العلم بثلاثة مراحل متميزة ، بالرغم من وجـود قدر لا بأس به من التداخل بينها • فالمرحلة الأولى من الكيمياء الحيوية ، قديمة قـدم الكيمياء العضوية نفسها ، وتغطى البحث عن الأصل الكيميائى للمواد التى تتكون منها الكائنات الحية • فقد أمكن فصل كل من البولينا وحامض الطرطريك وحامض الأوكساليك والحامض البولى وحامض اللاكتيك والجـولوكوز على هيئـة مركبات خالصة قبل عام ١٨٠٠ ، وخلال عام ١٨٢٦ حصل شفرويل على تكوين الدهنيات على هيئة مركبات للأحمـاض الدهنيـة والجليسرول • وبين عامى ١٨٨٤ ، ١٩٠٠ قام اميل فيشر بتوضـيح لكيمياء ايدرات الكربون بدرجـة ملحوظة ، أما الأحماض الأمينية ، وهى مركبات البروتين ، فقد عرفت بالنسبة للكيمياء العضوية منذ عام ١٨١٠ ، كما تم التعرف على خمسـة عشر أخـرى خلال عام ١٩٠١ حين اكتشف هوبكنز وكول التراى بتوفين ، بالرغم من أن تركيب وتشكيل جزىء البروتين كان فى حالة مبهمة للغاية وقد أحدث هوبكنز ضجة كبيرة فى عام ١٩٢١ عندما تمكن من فصل مادة هامة وغريبة ، الجلوتاثيون من الخميرة والعضلة والكبد • وفى عام ١٩٢٦ تمكن عالما الكيمياء الحيـوية الهولنديان جانس ودوناث من فصل فيتامين ب فى صورة بلورية ، بالرغم من أن وجوده قد استنتجه لأول مرة طبيب من هولندا يدعى ايجكمان عام ١٨٩٧، كان يدرس مرض البرى برى فى جاوا •

وعندما بدأت أنا فى الكيمياء الحيوية فى أوائل الثلاثينيات كنت أعتبر أن هذه المرحلة الوصفية الأولى المبنيـة على التحليـل الكيميائى كانت لا تزال تتقدم • والكتاب الدراسى الذى نشأت عليه كان « مقدمة بودانسكى للكيمياء الفسيولوجية » • وكان قد دخل فى ذلك الوقت فى طبعته الثالثة ، كما أعيـد طبعه اثنتى عشر مرة منذ أول ظهوره عام١٩٢٧ ، فكتب المؤلف «لا بد أن يتزود دارس الكيمياء الحيوية بمعرفة ذات مبادىء كيميائية رئيسية ، كما يجب أن يتعلم كيف يستخدم هذه المبادىء فى دراسة العمليـات الفسيولوجيـة • كما

يحتاج أيضا الى مهارة فنية فى التحليل الكيميائى الكمى » • وقد برز اليوم هذا الاتجاه فى الكيمياء الحيوية بدرجة مدهشة • فلم يعد البروتين المادة البروتوبلازمية الأساسية للخلية منتجا غامضا من « قوة الحياة »فالكيمياوبون يعرفونه بحسب ما يعرضه تركيبه الطبيعى ـ أى ، بوليمر شبه مطاطى مصنوع من وحدات مونومرية لحامض أمينى • وبالمثل المادة الأصلية فى تركيب النباتات الحية ـ أى ، السيليلوز ـ فهى تعد اليوم أقل غموضا بالنسبة للكيماوى من « الباكليت [١] » • وهنا نجد مرة أخرى تركيبا بوليمريا مصنوعا ببعض الطرق من وحدات مونومرية للجلوكوز ربما يكون أبسط من بوليمرات الفينول ـ فورمالدهيد الصناعية فى الصناعة الكيميائية •

ولذا فان مجرد بسط الحقائق بعيدا يدل على أن الكيميائى يحل لدرجة كبيرة محل البيولوجى فيما يتعلق بالمكونات الطبيعية للأشياء الحية •

ولكن جنبا الى جنب مع هذه الخطوات الأخيرة من الفترة الوصفية فى الكيمياء الحيوية التى يقوم فيها التحليل الكيميائى بكل تشعباته الحديثة والمعقدة بتفسير التركيب المفصل للأنسولين ، ويلور ويتعرف على الأنزيمات ، ويقيس مقدار الأستيل كاولين فى خلايا الأعصاب ومقدار تركيز الأيودين والكوبالت فى محتويات الخلية والبقية ـ جنبا الى جنب مع هذا كله ، فلدينا التغير فى النظرة الى الحاضر ، الوجهة الديناميكية للكيمياء الحيوية •

وبعيدا منذ عام ١٧٨٥ اكتشف لافوازييه بالتجربة أن نفس الكمية من الطاقة انطلقت من وحدة كمية مادة سواء احترقت فى العمل أو تأكسدت فى جسم انسان أو حيوان • ثم وضع البيان العميق بأن « الحياة وظيفة كيميائية »• وأسس جاى لوساك فى عام ١٨١٥ التفاعل الكيميائى الكامل للتخمر كالمعادلة التجريبية :

$$\text{ك}_{٦}\,\text{يد}_{١٢}\,\text{أ}_{٦} \longrightarrow ٢\,\text{ك أ}_{٢} + ٢\,\text{ك}_{٢}\,\text{يد}_{٥}\,\text{أ يد}$$

(جلوكوز) (ثانى أكسيد الكربون + كحول)

---

(١) مادة صناعية عازلة للكهرباء

ولكن بالرغم من أن الأصل الكيميائى للمؤثرات البيولوجية قد تم تقديره بوضوح متزايد لمائة وخمسين عاما ، فلم تفهم بالتفصيل التركيبات الآلية الكيميائية التى تحصل بواسطتها الخلايا الحية على طاقتها الا منذ عشرين عاما أو ما نحو ذلك فقط .

فمهما كان ما تقوم به خلية حية ، فلابد أن يدفع لها فى المقابل بعمله الطاقة الكيميائية . فاذا لم تكن هناك طاقة طليقة ممكن الحصول عليها ، فلن تكون هناك حياة . وعقيدة ما قبل عصر العلم الحديث عن « قوة الحياة » أصبحت لابد وأن تلغى . فنحن نفهم الآن ، أن الخلية تعرف طريقتين للحصول على الطاقة من جزيئات موادها الغذائية : فهى اما أن تفتتها أو تحرقها . والطريقة الأولى هى التخمر والثانية هى التنفس (أى الأكسدة) . وبحلول عام ١٩٣٧ استطاع زنت جيورجى أن يبين أن سلسلة من الدراسات العلمية البارعة من الطراز الأول ــ بواسطة واربرج وكيلين وفيلاند ، وبالتالى بواسطته هو نفسه وعدد من الآخرين ــ قد أتمت تفسير معظم التركيب الآلى الكيميائى الذى يتم بواسطته تفاعل جاى لوساك للتخمر الذى يبدو بسيطا . كما أمكنه أيضا أن يظهر العلاقة الكيميائية الحيوية بين الانجاز البيولوجى الأقل لخلايا التخمر ــ أى الجلوكوز المتحلل بدون أوكسجين طليق ــ وبين الانجاز الأعلى للتنفس .

$$\text{ك}_{٦}\,\text{يد}_{١٢}\,\text{أ}_{٦} + ٦\,\text{أ}_{٢} \longrightarrow ٦\,\text{ك}\,\text{أ}_{٢} + ٦\,\text{يد}_{٢}\,\text{أ}$$

(جلوكوز) + (أوكسجين)   ثانى أكسيد الكربون + (ماء)

وخلال عشر سنوات من هذا التفسير الأول عن أصل التركيب الآلى لانطلاق الطاقة البيولوجية تم معرفة معظم التفاصيل الكيميائية ، تسكن مايرهوف فى عام ١٩٤٨ من تلخيص سلسلة من التفاعلات الكيميائية لما يعرف الآن بخطة امبدن ــ مايرهوف ــ وبارناس للتخمر . وهى سلسلة من اثنى عشر تفاعل كيماوى متصل أو حوالى ذلك . وفى الحقيقة ، فانها الطريقة التى تحصل بها الخلايا على طاقة ، فى أحد أبسط المستويات البيولوجية . وتحققت القفزة التالية الى الأمام فى المرحلة الحاضرة من الكيمياء الحيوية الديناميكية بواسطة البروفسور السير هانز كربس وهو الاسم المعروف به الآن ، وانتهت تقريبا فى نفس التاريخ . وهذا النظام المسمى بدورة كربس يصبح فعالا (بالنسبة للخلايا

التى تتبع العملية اللازمة) ، عندما يزداد توتر الأوكسجين فى النظام • فالهواء لذى تتنفسه يمكن الوقود فى طعامنا من الاحتراق • وواضح أن الاحتراق لخام المصحوب بلهب ودخان سيكون استحالة بيولوجية • ودورة كربس عبارة عن سلسلة متكررة من التغيرات الكيميائية التى تسبب الطبيعة حدوثها بالتدريج ، احتراق مستمر للطاقة عند درجات الحرارة المنخفضة نسبيا للكائن الحى •

ويتم فى دورة كربس شيئان هامان ، أولا ، كل نقطة يتكون عندها ثانى آكسيد الكربون بالتأكسد ، تنطلق عندها طاقة • ولكن ، ربما بنفس الدرجة من الأهمية ، يقوم النظام أيضا مقام حلقة اتصال بين العملية الذى تحصل بواسطتها الخلية على الطاقة وبين الطريق الى النمو • وعند هذه المرحلة من الدورة ، حيث يقوم بالعمل مركب خاص مثل حامض الكيتوجلوتاريك ، يمكنه أن يكون بمثابة دليل لحامض الأمينو وحامض جلوتاميك ، أما حامض الأوكسالو أستيك فهو قد ينتج ، حامض أمينى آخر ، وحامض اسبارتيك ، كما ينتج حامض البيروفيك ثالثا والألانين • والأحماض الامينية هى الوحدات التركيبية التى تبنى منها الأنسجة الحية ، وهى تكون باتحادها ببعضها بعضا البروتين الذى تتكون منه الأنسجةالعضلية والهيكل الأساسى للخلاياالحية • وانها لملاحظة عامة، كان باستير أول من قررها ، والذى كان بالطبع غافلا عن حقيقة العملية ، اننا لا نحصل فقط على كفاءة متزايدة من انتاج الطاقةمن الكربوايدرات المتأيضة فى حالة ازدياد توتر الأوكسجين لنظام متخمر ، بل أيضا على تركيب للبروتين مصحوب بالنمو •

وأحدث مراحل التقدم وأكثرها اثارة فى بعض النواحى بالنسبة للفهم الكيميائى التى حدثت خلال هذه المرحلة الديناميكية الحاضرة للكيمياء الحيوية ، كانت تفسير « دورة الهكسوز ـ مونوفوسفات » • وتلك عملية أخرى يمكن عن طريقها الحصول على الطاقة البيولوجية • وقد بدأ عدد كبير من الشواهد التجريبية يتضح تماما باستعمال التكنيك الحديث للكيمياء التحليلية ، وعلى الأخص أوراق التلوين والجزيئات الموسومة اشعاعيا(١) •

---

(1) Radioactively labelled molecules.

ودورة العمليات التى تحقق وجودها حاليـا دورة معقـدة بالرغم من أن كل خطوة مفردة من مركب للتالى له ، والتى ينشأ كل منها بواسطة الانزيم المناسب، تعد بسيطة ومنطقية . ولكننا نعرف الآن أن عددا من المواد التى لم يكن يتطرق الشك اليها سابقا تلعب دورا فى عملية تكوين الجليكول المؤكسد . وهـذه المواد ، الريبولوز ــ ٥ ــ فوسفات والسيدوهبتولوز ، وما اليها ، والانزيمات التى تجعل فعلها وتفاعلها ممكنا ، يبدو أنها لا توجد فقط فى خلايا حية كالتى لدينا ، والتى تحلل الجلوكوز للحصول على الطاقة ، بل أيضا فى الوحـدات البيولوجية التى نعتمد عليها أساسا نحن وجميع ما يسمى بالأحيـاء العليـا . وأنوه بخلايا الأوراق النباتية التى يتكون فيها الجلوكوز بواسطة التمثيـل الضوئى . أيعد من العجب أن يستعمل الطلاب حاليا كتابا مدرسيا كان جديدا منذ عهدى أنا ــ أعنى ، كتاب بالدوين للمظاهر الحركية للكيمياء الحيوية ؟

ويتغلغل الكيماويون حاليا بعمق أكثر فى الأحياء . فقد أعطوا تفسـيرا كيمائيا لكيفية حصول الكائنات الحية على الطاقة من أجل الحياة . وقد يبدو هذا التفسير معقدا ، ولكن له استخدامات مباشرة تماما . فعلى سبيل المثال ، المادة الرئيسية فى هذه الدورات التى كنا نسميها هى ثالث أدينوسين الفوسفات ، ث . أ . ف . على سبيل الاختصار . وقد أوضـح مايرهـوف أن تكوين كل من وصلات الفوسفات ــ أوكسجين الثلاثة يتطلب ١١٫٠٠٠ سعر من طاقة طليقة . وعندما تتحطم الوصلات ، كما يحدث عندما تعمل الدورات ، تنطلق الطاقة . وانشطارها هو مصدر كل طاقة عضلية . والتقلص العضلى ، الذى يتم بواسطته كل حركاتنا ، هى حقا عملية كيميائية مدهشة . أن هلامالينا يصبح فجأة صلبا، ويغير من شكله ، ويرفع وزنه الخاص آلاف المرات ، هـذا فى الواقع ، شىء مدهش . ومادة الـ ث . أ . ف . تجعله يقوم بها . فعندما يضاف ث . أ . ف . مع قليل من البوتاسيوم الى عضلة متراخيـة ، فهى تتقلص بكل قوتها . ومادة العمل الكيماوية هى خليط من اثنين من البروتينات الاكتين ، الذى يمكن وجوده اما كجزئيات كروية صغيرة أو على هيئة خيوط طويلة ، والميوسين ، القادر على تغيير شحنته الكهربية ، والتفاعل الأساسى فى التقلص العضلى عبارة عن فقد للشحنة يسبب حدوثه بالبوتاسيوم والـ ث . أ . ف .

حسن جدا اذن . فأنا كبيولوجي ــ اذا أمكنني الادعاء بأنني أحمل هذه الصفة ــ متقهقر فى مواجهة زحف الكيمياء المظفر ، سأعترف بأن الأمر الذى أثاره لافوازييه لأول مرة ــ أن الحياة وظيفة كيميائية ــ قد أثبت الآن ببعض التفصيل أنه حقيقى ولكن هناك ما يخص الأحياء أكثر من ديناميكية الكيمياء الحيوية فمثلا ، هناك مشكلة الدجاجة والبيضة ــ أى ، من أين تأتى الخلايا الحية ؟ وكان باستير بدون شك كيميائى ، ولكنه ، وكلنا نسلم بذلك ، هو الذى قوض نظرية التولد الذاتى . وهى الفكرة بأن الذباب يمكن أن يتوالد ذاتيا من اللحم الفاسد ، أو الجرذان من النفاية . ونحن اليوم نسلم بأن الحياة يمكنها فقط أن تنبع من حياة من نفس نوعها . وحتى اذا كان لى عرضا كبيولوجى أن أعترف بأن الخلايا الحية تقوم بأداء أشياء كيميائية . فان الخلايا نفسها تعد بيولوجية وهى على الصورة التى وضعها فيها داروين فى قاعدته للتطور .

وقد أشار البروفسور والد من جامعة هارفارد ، الى أن قصة الايضاح القاطع لباستير عن زيف الاعتقاد فى التولد الذاتى ، وهزيمته للعالم الطبيعى بوشيه أمام الأعضاء المجتمعين لأكاديمية العلوم الفرنسية . تعطى لطلبة السنة الأولى كانتصار للمنطق على مذهب أهل الباطن . وفى الواقع يكاد يكون الأمر بالعكس . فالرأى المعقول بالنسبة لهؤلاء الذين وجدوا استحالة قبول فكرة فعل واحد لعملية خلق خارق للطبيعة ، هو أن يعتقدوا فى التولد الذاتى . ولهذا السبب فضل كثير من العلماء المنطقيين منذ قرن مضى أن يعتبروا الاعتقاد فى التولد الذاتى « ضرورة فلسفية » ــ وأنها لدلالة على العجز الفلسفى لعهدنا ألا تقدر مثل هذه الضرورة أبعد من هذا . ففى كلمات البروفسور والد ، « أن أغلب البيولوجيين المعاصرين ، بعد أن أعادوا النظر وارتاحوا الى تدهور نظرية التولد الذاتى ، وكانوا فى الوقت نفسه غير مستعدين للتسليم بالاعتقاد الآخر فى الخلق الخاص ، قد أصبحوا فى الخلاء بغير طريق .

والكيماويون ، على أى حال ، غير راضين عن أى شىء وأستطاعوا حاليا ملء هذا الفراغ الفلسفى . وقد قام س . ل . ميلر أثناء عمله فى معمل البروفسور يورى . الذى كسب جائزة نوبل عن اكتشافه للهيدرجين الثقيل ،

بالتجربة الكلاسيكية الآتية وذلك فى عام ١٩٥٥ • فقد مرر خليطا من بخار الماء والميثان والأمونيا والهيدروجين فى دائرة خلال جهاز حيث تعرضت فيه لتفريغ كهربائى صامت ، ويخبرنا الفلكيون المعاصرون أن كل هذه الغازات كان من المحتمل جدا وجودها فى الجو الأول للأرض قبل وجود الحياة • وكانت الدورة تتم بواسطة غليان الماء فى أحد طرفى الجهاز وتكثيفه فى الآخر • وفى نهاية الأسبوع أجرى تحليل للمحلول بواسطة أوراق التلوين ، ووجد أنه يحتوى جلسين وآلانين فى خليط من أحماض أمينية أخرى • وضمن تلك ، كان معتقد أن حامض الاسبارتيك موجود أيضا ، بجانب الصاركوزين وحامض البيوتريك الأمينى وحامض الأيزوبيوتريك الأمينى ، وكذلك أحماض الجليوكوليك واللاكتيك والفورميك والبروبيونيك • وكانت النتيجة مدهشة للغاية ، وبهذا ، اذن ، ثبت لنا أن المواد العضوية ، وعلى الأخص الاحماض الامينية مكونات البروتين ــ أى المكونات الأساسية للكائنات الحية ــ قد يمكن انتاجها بدون الحاجة الى أى سلف حى • وهذا الاثبات الكيميائى البحت قائم الآن ليقترح أن التولد الذاتى ممكنا ، وكان بالفعل ، محتملا • وقد أضيف هنا أن البرفسور أوبارين العضو البارز فى أكاديمية العلوم السوفيتية ، يقرر فى الطبعة الثالثة لكتابه العظيم عن أصل الحياة على الأرض أن هذا العمل الأمريكى قد تأيد تماما فى موسكو بواسطة فاسبنسكى وبافلوسكايا • وزيادة على ذلك ، منذ أجرى ميلر تجاربه ، أظهر باحثون آخرون أن البروتينات الحقيقية يمكن أن تتكون ذاتيا من الأحماض الأمينية •

وربما تكون الشقة هنا بعيدة بين التولد الذاتى لجزيئات الأحماض الأمينية وبين ظهور الحياة البيولوجية • وعلى أى حال ، فقد بدأ دارسو علم البلورات بواسطة أشعة أكس فى اخبارنا بأن الجزيئات المعقدة فى الخلايا، تكون فى الواقع، موضوعة على مسافات واتجاهات منتظمة تبعا لقوانين الكيمياء • وعلى ذلك ، فانه ليس مما يخالف الواقع كثيرا، أن تتصور أن جزيئات البروتين، التى سينشىء بعضها نشاطا خمائريا ، تكون قد تنجت من الأحماض الأمينة الموجودة عفوا فى الوسط الأصلى • وقد قدم أوبارين بالفعل الاقتراح البارع المعقول بأن الانتقاء الطبيعى ، الذى يسلم به البيولوجيون بارتياح بالنسبة لعالم الكائنات المعروفة،

يمكن ادخاله مباشرة فى الكيمياء ليعلل ارتقاء وبقاء الأصلح من الجزيئات الأكثر تعقيدا ، التى تقدر على افتراس الجزيئات الأبسط .

وأريد أن أعلق على نقطتين فقط قبل أن أترك هذا العالم قبل التاريخى وأعود الى البيولوجيا والكيمياء الخاصة بالوقت الحاضر . أولهما ، أن الرجل المتعبد سوف يتبين — ان كان ذلك صحيحا على الاطلاق — ان نوع التولد الذاتى يجب أن يعتقد فيه الفلاسفة المعاصرون يمكن حدوثه مرة واحدة ، فقط . فأى حامض أمينى تنتجه لعمليات التفريغ الضوئى الحديثة سوف يستهلك بواسطة الكائنات الحية الموجودة — أى بواسطة البكتريا — قبل أن يأمل بفترة طويلة فى تطـوير نفسه الى شيء ما جديد . وبالتالى ، فان الخلق غير الحيوى للمركبات العضوية القادرة على التلاءم معا كيفما كان فى التركيب المكون لجزيء البروتين اللولبى يمكن فقط حدوثه فى عالم لم توجد فيه حياة من قبل . وبالتالى ، فان نوع التولد الذاتى الذى يعتقد فيه الآن الكيميائى الحديث — لأن مايراه كدليل استنتاجى منطقى يجعله يبدو احتمالا جيدا — يختلف تماما عن اعتقاد سلفة البيولوجى فى « الجرذان من النفاية » ، و « الديدان من اللحم » ، والذى كانت مشاهداته غير كاملة بالدليل الواضح .

والنقطة الثانية الجديرة بالاعتبار هى أن أول كيان بيولوجى يعد خلقة الذاتى بواسطة نوع العملية الكيماوية الجزافية التى أوضحتها ، فيجرى عملية الأيض دون الحاجة الى أوكسجين الهواء الجوى — أى ، بواسطة التخمر . فأثناء تطور الأرض كان الهواء الجوى الأول خاليا من الأوكسجين . ويتضـمن ذلك أن الكائنات الحية الأولى على هذا الكوكب حافظت على الحياة بالتعامل مع المـواد التى استخدمتها للطعام بعملية تخمر ، كما لا تزال الخميرة والميكروبات الأخرى تفعل ذلك ، بدلا من أداء ذلك بواسطة التنفس ، كما هى عادتنا حاليا . ويسلم معظم العلماء عموما بأن كل أوكسجين الهواء الجوى الحالى يرجع أصله الى عملية التمثيل الضوئى بواسطة النباتات الخضراء التى انتشرت فى مرحلة متأخرة نوعا ما من تاريخ الأرض . وأدت هذه بالتالى الى امكان حدوث شيئين هامين . أولهما ، أنها مكنت من حدوث عملية تكوين المواد الجليكولية المؤكسدة (أى ، التنفس) . ويضاهى تأثير الفاعلية الكيميائية للتنفس ذلك النـاتج من عمليـة

التخمر ٣٥ مرة تقريبا • فاحتراق ١٨٠ جم من السكر فى عملية التنفس يعطى ٧٠٠ر٠٠٠ سعر ، بالمقارنة بـ ٢٠ر٠٠٠ سعر تنتج بواسطة التخمر • والفائدة الثانية للأوكسجين فى الهواء أنه يكون ، كالأوزون ، حاجزا حول الأرض ليقى الخلايا الحية من الاشعاعات فوق البنفسجية التى يمكن لها بدونه أن تقتلهم •

الى أى مدى مضينا الآن فى جدالنا عما اذا كانت الأحياء حقيقة كمياء ؟ فنحن نعترف بأن الكيمياء يمكنها تفسير العملية التى بواسطتها تصبح الطاقة البيولوجية فى متناول الكائن الحى ، فحتى اذا لم لم نفهم تماما تركيب كل من الأنزيمات التى تسهل كل خطوة من سلسلة التفاعلات ، فان مجموعة التغيرات الكيميائية نفسها قد فسرت الى حد كبير • ثم نستطيع الآن أن نجادل ، حتى لو تكون أسسنا تميل الى أن تكون نظرية نوعا ، بأن المبادىء الكيميائية يمكنها تفسير أصل الحياة على الأرض • وآن شئت معرفتها ، فالأدلة التفصيلية معروضة فى كتاب البروفسور أوبارين •

ولكن هناك بالنسبة للأحياء ما هو أكثر من ذلك بكثير • فحديثا قال البروفسور مازيا من جامعة كاليفورنيا « للأحياء تعميمات قليلة يمكن وصفها وصفا مهذبا بكلمة « قانون » وهناك استثناءات لأغلب هذه التعميمات • ولكن لم يكتشف أى استثناء لقانون ان كل خلية لابد أن تنبع من خلية أخرى »• فماذا تقول الكيمياء الآن عن ذلك ••• ؟

ومقدرة الخلايا على النمو بأن تضيف الى محتوياتها مواد كيماوية لا وجود لها فى العالم الغير عضوى ، تكون محدودة • وعلى العموم ــ بالرغم من وجود استثناءات مرة أخرى ــ فالخلية تستطيع فقط أن تضاعف كتلتها • وعليه فان أى نمو ملموس يتطلب انتاج خلايا جديدة ، ويتضمن ذلك عملية انقسام الخلية• فنحن نستطيع أن نضيف باستمرار الى كمية المادة الحية بالمضاعفة فقط، وتحدث هذه المضاعفة بالانقسام •

وأعجب ظاهرة فى الأحياء هى الخلية المفردة المخصبة التى تنقسم ، وتنقسم ثانية ، ثم مرة أخرى ، وعندما يجىء دور انقسام الخلايا الأخيرة ، فانهاتنتج هنا وهناك خلايا وتراكيب خاصة ــ كالكبد ، والكلى والجلد والشعر والعضلات ــ

الى أن يقوم أمامك فى النهاية التعقيد الكامل لذبابة الفاكهة ، أو الفأر ، أو القنفذ أو الانسان . فكيف أمكن للخلية الأصلية القيام بذلك .. ؟

ويبدو أن جزءا من الاجابة على هذا السؤال يقبع فى طبيعة النوع الخاص لحامض « الدى أوكسى ريبونيوكليك » الموجود فى الخلية . وهذه المادة الكيميائية ، المسماة « د ن ا » على سبيل الاختصار ، هى ، كما توحى بذلك حاليا الشواهد المتزايدة ، مركبة « صبغيات »(١) جهاز الانقسام الفتيلى القادرة على نقل المعلومات الوراثية (جهاز الانقسام الفتيلى هو التنظيم النووى الذى يؤكد، عند انقسام خلية ما ، ان الخلية الجديدة ، سوف تنمو الى كيان كامل كمنشؤها ولن تكون مجرد قطعة منفصلة) . ويمكن استخراج « د ن ا » من الخلايا بطرق كيميائية بسيطة ، وقد أجرى كثير من الأعمال التجريبية لا كتشاف أصله الكيميائى . ومن الواضح أن هذه الأعمال كانت ناجحة . فمعروف حاليا أن « د ن ا » يتكون من سلسة طويلة جدا مصنوعة من وحدات متعاقبة من سكر الدى أوكسى ريبوز ، كما يسمى ، والفوسفات . ويتصل الفوسفات مع السكر بانتظام فى السلسلة ، مكررة لنفس تتابعات«الفوسفات ـ سكر» مرارا وتكرارا .

ولكن بينما تكون سلسلة الفوسفات ـ سكر منتظمة تماما ، الا أن الجزىء فى عمومه ليس كذلك ، لأن كل سكر له ، «قاعدة» متصلة به والقواعد ليست دائما متماثلة : فاثنان منها ، الأدنين والجوانين ، تنتميان الى فصيلة من مركبات تدعى البيورينات واثنتان التايمين والسايتوزين ، عبارة عن بايريميدات . وكماهو معروف للآن،فالترتيب الذى تتبع به احداها الأخرى على طول السلسلة غيرمنتظم، وعلى الأرجح أ نيكون متغيرا من جزء لآخر من ال « د ن ا » وفى الواقع ، فانه يشك فى أن ترتيب القواعد هو ما يضفى على « د ن ا » معين نوعيته . وقد أظهرت القياسات الكيميائية الفيزيقية وصور الميكروسكوب الالكترونى ان الجزىء العملاق المتبلمر من « د ن ا » عبارة عن جزىء طويل رفيع سمكه حوالى ٢٠ انجستروم ، وطوله حوالى ٣٠٫٠٠٠ انجستروم .

---

(١) صبغيات : وحدات المادة العضوية فى نواة الخلية والعامل فى نقل الصفات الوراثية (المترجم) .

وقد أوضح واتسون وكريك خلال عملهما فى وحدة مجلس الأبحاث الطبية فى معمل كافندش بكامبردج ، أوضحا لدرجة كبيرة التركيب المدهش لجزىء الـ « د ن ا » . فقد أثبتا فى شيء من التأكيد باستعمال التطبيقات الفنية الرياضية المعقدة فى دراسة البلورات بواسطة أشعة اكس أن « د ن ا » يتكون من ملفين لولبين ، كل يحتوى على أكثر من ألف طيه ، وهما متداخلان كمفتاحى بريمة مشتبكين . وتماما بمثل ما تعرف به الرسائل فى اشارات مورس بواسطة ترتيب صف من النقط والشرط ، يكون انتقال البيانات الوراثية لعلم الحياة ، كما هو معتقد الآن من خلية الى التالية بواسطة ترتيب مجموعات البيورينات والبايريميدينات فى جزىء كيميائى . وعندما تنقسم خلية واحدة الى اثنتين ينفك مفتاحا البريمة المشتبكان وينكسر الجزىء الكيميائى منفصلا فى اتجاه طولى بحيث ، يذهب جزء من الذى كان قفلا محيرا ومعقدا الى الخلية الجديدة ، معطيا هناك النموذج الذى منه يستطيع كائن أن ينمو بنفس صورة منشؤه. ويبدو أن هذه هى طبيعة الوراثة الكيميائية . وحقا أن جزىء الـ « د ن ا » كبير ومعقد لدرجة أن تفصيلاته تمثل مهرجانات من الغموض . ومع ذلك ، فالتنظيم العام لكميائيته قد أصبح واضحا .

وحتى اذا سلمنا بنظرية أن جزىء الـ « د ن ا » فى الخلية يحوى رموز الشفرة التى توجه نمو الخلايا المتتابعة المشتقة منها ، فسيبقى هناك اللغز الأساسى عن كيفية اعطاء الـ « د ن ا » لتأثيره الوراثى . فالمادة التناسلية لا بد وأن تقوم بوظيفتين : أحداهما أن تضاعف نفسها ، والأخرى أن تتحكم فى نمو باقى الخلية بطريقة معينة . والشيء المثير عن نموذج جزىء الـ « د ن ا » كما وضعه كريك، هو ، كما قلت ، أنه يقدم فورا الطريقة التى يستطيع بها مثل هذا الجزىء أن يتناسل . اذ يتكون النموذج من جزئين ، كل منهما مكمل للآخر مثل مفتاحى البريمة المجدولين . ودعنا نقول ، أن السلسلتين تخلتا عن بعضهما وانفصلتا ، وتبدأ كل منهما فى بناء مكمل جديد لها ، وعندما تكتمل العملية سيكون لدينا زوجان من السلاسل ــ أى ، جزيئان « د ن ا » ــ حيث كان هناك قبل ذلك واحدة فقط. كل هذا مقنع للغاية. ولكن عندما نأتى الى الكيفية التى يتحكم بها قانون الـ « د ن ا » فى السلوك المقبل للخلية فغالبا لا تحصل على أى دلالة للحل. وقد قدم جورج جامو ، وهو عالم فيزيقى ، رأيا ذات مرة بطريقة مجردة نوعا ما

عن الكيفية التى قد تنتقل بها المعلومات ، الا أن بعض الصعوبات كانت توجد فى منهاجه . فاذا اعتبرنا أن الطول الكلى لـ « د ن ا » فى صبغية واحدة هو حوالى أربعة سنتيمترات ، وأنه يحتوى بالتالى على أكثر من ١٠ مليون لفة من الجزىء اللولبى ، نجد عدم امكان حل المشكلة بعد لا يثير الدهشة كثيرا .

ودعنا نتأمـل بعض الأشياء التى لا يزال على البيولوجى أن يتعامل معها ، بالرغم من كل المعلومات التى تستطيع الكيمياء اعدادها لمساعدته . كيف يمكن للخلية المفردة المخصبة أن تنتج فى نسلها العدد الوفير من الخلايا المختصة التى تكون العيون والآذان والذراعين والقلب وعقل الانسان ؟ وفى قول آخر ، ما هو سر هذا النوع ؟

فاذا قطعت أجزاء صغيرة من جنين فى المراحل الأولية لنموه ، وطعمت بهـا بيضة ثانية فى وضع مختلف ، فستنمو هناك هذه الأجزاء ، ليس فى الجزء المناسب للكائن الثانى . بل الى أذن وأنف وعدسة عين ، أو جهاز عصبى . وتدعى هذه الأجزاء المستأصلة بالمناطق «المنظمة» فكيف تحمل قطعة صغيرة من النسيج التى غالبا ما تكون من مساحة محدودة من بيضة « خصبة » هذه المقدرة التنظيمية معها ؟ وقد وجد هو لتفريتر فى عام ١٩٣٢ ، وهو حاليا بجامعة روتشسترووادنجتن فى كامبردج ، انها قد تكون نتيجة لوجود مادة كيميائية بها . وهنا أتيحت الفرصة لعلماء الكيمياء الحيوية للتهليل والصراخ . ولسوء الحظ ، وجد الباحثون مواد كثيرة جدا . بدلا من العثور على مادة منظمة واحدة بالذات . فعلى سبيل المثال ، وجد أن مادة مثل صبغة الميثيلين الزرقاء المعروفة قادرة على تحويل الخلايا الى نسيج عصبى بالرغم من عدم وظائفيتها للأعضاء بدرجة كبيرة . وعندما اكتشف أن مواد كثيرة فى استطاعتها العمل مثل المنظم لتسبب التنوع ، جـادل معظم البيولوجيون فى أنها قطعا تقوم بالعمل بطريقة ثانوية وأنها تحتاج لوجود تباينات معينة لـ « أيض » (١) الخلية لتجعلها تعمل . ولبحث هذا الغرض يجب استخدام طرق فنية دقيقة للغاية لدراسة أجزاء مختلفة من أجنة صغيرة تماما . وحتى اذا تم هذا العمل ، فان معناه لا يكون واضحا دائما .

---

(١) الأيض : الدثور والتجدد فى الخلية (المترجم) .

وقد اكتشف أيضا عالم الأجنة التجريبى أن المناطق المختلفة فى حشوة البيضة (السيتوبلازم)[1] قد يكون لها خواص نوعية بحيث أن منطقة معينة يمكنها فقط النمو بطريقة واحدة مهما فصل لها . وتدعى مثل هذه المناطق بالأوبلازمات ، ثم مرة أخرى قد تتفاعل أجزاء مختلفة من البيضة أو الجنين أحدها بالآخر بطريقة تؤدى الى تغيير المقدرة على النمو لأحد — أو أحيانا — كلا المتفاعلين . ويحدث هذا النوع من العمليات عادة بعد فترة التشقق عندما تجمع الانفصالات والانثناءات لمرحلة « الترقق »[2] كما تدعى ، أجزاء من الجنين كانت منفصلة من قبل . وتسمى هذه النتيجة استحضارا . وأخيرا ، يعتقد بعض البيولوجين أنهم يستطيعون تحديد مجالات فردية . وهى مناطق فى الجنين يمكن فى حدودها — وفى حدودها فقط — جعل تركيب ما خاص ، ولنقل الساق ، ينمو فيها . ومن ثم نحصل على مثل هذه التفصيلات ، « يمتدمجال الأطراف الأمامية من حوالى المنطقة الثانية الى حوالى العاشرة ، ويبلغ أقصى شدته فى المناطق من الثالثة الى السادسة » .

وعندما يبدأ عالم الكيمياء الحيوية فى دراسة الأجنة الحقيقية، والطريقةالتى تنمو بها فعلا ، والمشاهدات الغريبة التى أمكن للبيولوجيين تسجيلها عنها ، فسرعان ما سيجد نفسه وقد أصبح غارقا لأذنيه . وقد أنجزت كمية كبيرة من العمل الجيد فى مجال الكيمياء الحيوية . كما أجريت دراسات للتعرف على طرق الكيمياء الحيوية التى تلعب دورا قاطعا فى عملية التنوع ، لتوضيح التركيب الآلى الخاص بفعل المنظم ، ولتحديد تكوين جهاز الانقسام الفتيلى . ووراء كل ذلك توجد ملفات وملفات الجزىء الكيميائى العملاق لـ « د ن ا » فى « المورثات » [3] التى تحمل ، كما نفترض ، المعلومات الوراثية .

وفى كتاب حديث بذل وادنجتون أقصى جهده من أجل المشتغلين بالكيمياء الحيوية ممن خاضوا مجال علم الأجنة . فقد سلم بأن طرق الكيمياء الحيوية

---

(١) السيتوبلازم : المادة البروتوبلازمية التى حول نواة الخلية .

(٢) الترقق : احدى مراحل النمو يكون فيها الجنين متكونا من طبقتين من الخلايا .

(٣) المورثات : الجراثيم المورثة . (المترجم)

تحقق تقدمات هامة جدا . ولسوء الحظ ، مع ذلك ، فان الأحداث فى خلية تنمو ، بحالتها المعقدة بنمو واضمحلال مناطق المنظم وبتأثير احداها على الأخرى فى الفاعلية وما شابه، متصلة أيضا بالأنظمة المختلفة للمؤثرات الطبيعية من أجل المحافظة على الكائنات الحية كأمر مستمر وهو ما شرحته فى أوائل هذا الفصل . والى أن تستطيع ادراك عمل الخلية بأجمعه ، من حيث صيانة نفسها وشكلها المتغير أيضا ، فان وادنجتون يؤيد وجهة النظر - والتى يقر بأنها للآن لم تصبح نموذجية - بأن ذلك يكون سابقا لأوانه أن تنطلع الى الكيمياء الحيوية لتمدنا بالهيكل الأساسى للأفكار عن علم الأجنة .

والكيمياء ، دعنا نكرر ، هى العلم الذى يتعامل مع تركيب المادة . وبالتالى، فهى تشمل تركيب المخلوقات الحية الموجودة على الأرض ، حيث أننا نعلم الآن أن المواد العضوية التى توجد فى الأشياء الحية لا تختلف فى جوهرها عن المواد العضوية التى توجد فى أى مكان آخر - فى المعامل ، على سبيل المثال . والى هذا الحد يكون التنافس مع الأحياء التى يشمل نطاقها فقط تلك الأشكال الحية تماما بكل أنواعها المتعددة . وتستطيع الكيمياء الحيوية أيضا الادعاء بأنها قامت فى الأعوام الحديثة بعمل تقدمات عميقة فى فهم العمليات الكيميائية التى تجعل الحياة تستمر . ولدينا الآن سند تفصيلى لقول لافوازييه المأثور « الحياة وظيفة كيميائية » . وربما نكون قد وصلنا الى النقطة التى نعرف عندها الكيمياء البسيطة التى بدأت بواسطتها الحياة على الأرض . وأخيرا ، توجد هناك التقدمات الحديثة المدهشة فى كيمياء البوليمرات لتوضح لنا جزىء ال « د ن ا » الهائل ، والذى بواسطته تدل الخلية المنقسمة على أى نوع من الحيوان تكون .

وبعد ثم وبعد ، فهناك أجزاء كبيرة من الأحياء لا تستطيع الكيمياء تفسيرها للآن . فالحيوان البرمائى البسيط الذى أجرى عليه عالم الأجنة التجريبى الخدعة القديمة الخاصة بغرس ساق زائدة - ظهرا لوجه ! - لازال فى امكانه أن يحير الكيميائى .

وقد استعملت كلمة « أحياء » لأول مرة بواسطة العالم الألمانى ، جوتفريد تريفيرانوس ، فى كتابه « الأحياء أو فلسفة الخلق الحى » الذى نشر فى جوتنجن عام ١٨٠٢ . وقد بدأ هذا العمل العظيم بوصف الظواهر والأشكال المختلفة

للحياة والظروف والقوانين التى تتحكم فى وجودها • ثم شرع المؤلف فى المجلدات الستة التالية فى تصنيف كل الحيوانات والنباتات التى كانت معروفة فى هـذا الوقت ــ أى منـذ أكثر من مائة وخمسين عاما • وكله ملائم جـدا لنا لنراجع المعرفة التى لدينا الآن عن التكوين الكيميائى لأنسجة النباتات والحيـوانات المتعددة وكذلك للكائنات الدقيقة التى تحيط بها والتى تعرض أيضـا المميزات للحياة • وما زال التعمق فى فهم كيمياء الطاقة البيولوجية هو أيضا هدف مشروع للتفاخر ، بينما لا تزال البدايات الحديثة لتفهم العمليات الكيميائية التى يتم بواسطتها نمو وتكاثر الخلايا الحية رمزا آخر للانجاز العلمى • ومع ذلك، فبالرغم من أن الكيمياء قد تغلغلت كثيرا فى الأحياء ، فان الأحياء نفسها ، العلم الخاص بالكائنات الحية ، قد بسطت نفسها ليس فقط فى الكيمياء ، بل فى العلوم التطبيقية للهندسة والميكانيكا ، والتصنيع بالمثل • كما انشق عنها أنظمة علمية جـديدة كعلم الأحياء الدقيقة ، وعلم التحصين ضد الأمراض ، اللذان تنج عنهما تقدمات عملية عظيمة ، واللذان لا يمكن أن ندعى بأنهما ينتميان الى أى شيء آخر غير الأحياء نفسها •

والفطر ، « البنسليوم نوتاتم » (١) ليس شائعا بوجه خاص ، ومع ذلك كان هذا الميكروب بالذات هو الذى دخل من خلال نافذة معمل البرفسور فلمنج فى شارع باريد ببادنجتون ، ولوث طبق الاختبار الذى كان يشتغل به • ونحن نعلم الآن أن هذا الكائن الدقيق بالذات ينتج المادة المضادة للحيوانات وهى ، البنسلين• وقد تم معرفة تركيبه الكيميائى ولكن كل الكمية الكبيرة من البنسلين التى استعملت فى العالم ــ وقيمتها الاجمالية تربو على قيمة الأسبرين ــ قد أنتجت عن طريق علم البيولوجيا ، وليس بواسطة الكيمياء • والمعرفة الكيميائية مشتبكة مع البيولوجيا • فمثلا يمكن زيادة كميات البنسلين كثيرا بتغذية الفطر «بالطلائع» الكيماوية المناسبة • ولكن الكائن الحى هو الذى نعتمد عليه •

وقد بذلت مجهودات ضخمة منذ اكتشاف مضادات الحيويات ، التى لدينا منها الآن بضع مئات ، وأنتج العمـل العلمى الدائب الذى بذله الكيماويون والبيولوجيون معا سلالة من الفطر ستخـرج لنا بنسلينا بوفرة أكثر من ذلك

---

(١) نوع من الفطريات (المترجم) .

المخلوق الأصلى « الشارد » الذى طار خلال نافذة البروفسور فلمنج • وطريقة الصنع ـ ان جاز هذا التعبير ـ التى ينمو بواسطتها الفطر المستأنس ويتداول فى المصانع الكبيرة قد واجهت مشاكل جديدة وعديدة فى هندسة البناء ، لدرجة أن بعض الناس ذوى الجرأة ممن اقتفوا أثر السير هارولد هارتلى ، قد تمكنوا من اختراع نوع جديد من العلم التطبيقى يدعى « هندسة الكيمياء الحيوية » •

ويمكن للكيمياء ادعاء بعض الفضل فى تسخير مضادات الحياة ـ البنسلين، ستربتومايسين أوريومايسين ، باكتيراسين ، وما شابه ـ لتستخدم فى الطب حتى لو كانت الطرق الحيوية التى أنتجت بواسطتها ، كل منها عن طريق كائن دقيق منفصل ، تعد جزءا من البيولوجيا • ولكن بالرغم من كل ما يعرفه الكيميائى ، وما يستطيع أن يستنبطه أكثر من عمليات الحياة ، تظل أجزاء كبيرة من علم الأحياء المجال للبيولوجيين • فعلى سبيل المثال ، عرضت فى الثانى من يونيو عام ١٨٨١ بساحة مزرعة فى بوايلى ـ لى ـ فورت التجربة التمثيلية العلنية التى أثبت بواسطتها لويس باستير فاعلية تطعيم الغنم كوقاية ضد الجمرة الفحمية الخبيثة • وقد وصف فاليرى رادوت الواقعة كالآتى :

عندما وصل باستير فى الساعة الثانية بعد الظهر •• يصطحبه زملاؤه الشبان مرت همهمة من الثناء ، التى سرعان ما أصبحت هتافا عاليا انبثق من كل الشفاة • وكان هناك ممثلون من الجمعية الزراعية من ميلون ، ومن الجمعيات الطبية ، والجمعيات البيطرية ، ومن المجلس المركزى للصحة بالسين والمارن ، وصحفيون ، وصغار الفلاحين الذين اقسمت أفكارهم بمقالات الصحف المؤيدة أو المعارضة ، كلهم كانوا هناك • وكانت جثث اثنا وعشرون من الغنم الغير مطعمة ترقد جنبا الى جنب بينما كان اثنان آخران يلفظان آخر أنفاسهما ؛ أما آخر من كان على قيد الحياة من المجموعة المضحى بها فكانت تبدو عليها كل الظواهر المميزة (للجمرة الخبيثة) • بينما كان كل الغنم المطعم فى صحة مكتملة •• أما الذى بقى بدون تطعيم فقد نفق فى نفس الليلة •

وقد حدثت هذه الواقعة منذ ثلاثة أرباع قرن ، ولكن مشاكل معقدة فى نشاط الأجسام المضادة وفى علم التحصين ضد الأمراض لا تزال أساسا باقية فى مجال البيولوجيا • وحقيقة أن الجدرى ، الذى كان يعد كارثة لا يتوقع

كثيرون الخروج منها معافين ، قد أصبح غير شائع بتاتا لدرجة أنه عندما وصل أحد البحارة من الملايا ميناء ليفربول وهو مصاب بالمرض ، اهتزت المدينة رعبا ، واحتلت أنباؤه الصفحة الأولى فى الجرائد من أول البلاد الى آخرها • ولكن التطعيم ضد الجدرى الذى ساعد أساسا فى تغيير وجه الحياة للمدنية الغربية هو نتاج علم الأحياء بمفرده • وبالمثل ، فالمرض الجديد المعدى وهو شلل الأطفال ، عومل بلقاح جديد ، أجرى انتاجه بواسطة الطرق الحديثة فى هندسة الكيمياء الحيوية ، اذا رغبنا أن ندعوها كذلك ، ولكنه يعتمد أيضا على الطرق البيولوجية لنمو الفيروس الحى فى الوسط المغذى المعقد لجنين الدجاجة ، أى البيضة •

وثمة مجال آخر حافظ فيه العلم البيولوجى على أهميته الرئيسية بغض النظر عن التقدمات الهائلة فى المعلومات الكيميائية هو الخاص بـ « مصادر الغذاء » • فمنذ أكثر من مائة عام بدأ جون بنيت لاوز فى روتامستد تجاربه الشهيرة التى أثبتت أن اضافة السوبر فوسفات الى المزارع قد أنتجت زيادة فى محصول الأرض • ومعروف حاليا أن المزروعات بجانب احتياجها الى النتروجين والفوسفور ، والبوتاس ، فهى فى حاجة الى المغنسيوم والمنجنيز واليورون والنحاس والحديد والكوبالت والزنك • وبحلول عام ١٩٥٠ ، بعد أكثر من قرن من تأسيس لاوز لفرع جديد من العلم الكيميائى وصناعة كيماوية جديدة بالمثل ، كان انتاج العالم من الأسمدة الصناعية حوالى ٤٠ مليون طن فى العام •

وفى عام ١٨٩٨ قرر سير وليام كروكز فى خطابه الرئاسى للجمعية البريطانية لتقدم العلوم أن العالم وقتها يحتاج الى ٢٠٧٠ مليون بوشل (١) من القمح سنويا • وقدر أنه بعد ثلاثين عاما سيصبح الاحتياج ٣٢٦٠ مليون بوشل • ومن أجل الحصول على هذه الزيادة من مساحة الأرض الموجودة عندئذ كان من الضرورى زيادة متوسط المحصول الخاص بعام ١٨٩٨ من ١٢٫٧ بوشل للفدان الى مستوى جديد يصل الى ٢٠ بوشل للفدان • ثم قال أن ذلك يمكن تحقيقه باستخدام ١/٢ ١ قنطار انجليزى للفدان من نترات الصودا وذلك

(١) مكيال انجليزى للحبوب = ٣٦٫٣٥ لتر (المترجم) •

بالنسبة للـ ١٦٣ مليون فدان من الأراضى المزروعة بالقمح : أى تسميد كامل بواسطة ١٢ مليون طن فى السنة ــ وهى كميــة خياليــة فى الظاهر • والطاقة السنوية للمصانع التى تقوم بتثبيت النيتروجين الجوى بطرق كيميائية خالصة حاليا ، يمكنها مع ذلك أن تعطى أكثر من ضــعف هــذه الكمية ، وقد فاق استعمال الأسمدة النتروجينية الآن كل توقعات تلك الأيام • ولكن ، مما يبدو متناقضا ، أن الكيمياء لم تكن هى التى استخدمت فى انتــاج الأســمدة التى أصبحت من أهم العوامل المؤدية الى الزيادة فى « مصادر الغذاء » • فقد كان استخدام علم الأحياء بدلا منها هو ما أدى عن طريق التربية النباتية المنتظمــة الى النشوء النظامى لسلالات جديدة من القمح يمكنها أن تنمو فى مناطق من العالم ذات ظروف جافة جدا وفصول قصيرة جــدا بالنسبة لنجــاح الأنواع العادية • ففى كندا ، توجد مساحات هائلة من الأرض فى الغرب والشمال يمكن استخدامها لانتاج هذه الأنواع الجديدة من القمح •

ويستحوذ علم الحياة أيضا على نقطة أخرى قوية فيما يتعلق بانتاج القمح• فالواقع أن الأنواع الجديدة المستنبطة من معامل التربية النباتيــة قادرة على النمو فى البرارى الشمالية • ولكن سرعان ما تبدأ الأمراض الفطرية ، كالصدأ واليرقان ، فى اصابة المحاصيل بالآفات الزراعية • وتكون البيولوجيا عندئذ ، وليست الكيمياء ، هى التى تتدخل مرة أخرى لانقاذ الموقف • فقد استخــدم التطبيق النظامى للانتقاء الوراثى مرة أخرى لينتج فى هذه المرة نباتا مقــاوما للصــدأ •

وحقيقة الأمر أنه بالرغم من أن علم الأحياء هو كيمياء ، وعلى الرغم من أن مقدمات كيمياء الوراثة ، على سبيل المثال ، قد تكشفت فى الجزىء العملاق لـ « د • ن • أ • » ، وبالرغم من أن الكيميائى يستطيــع أن يلم فى الحــال بتوسع وتقريب كبيرين بالطريقة التى ينمو بها الخطاف (١) أو السالمون مثلا من بيضة مخصبة واحدة الى المخلوق الذى هو عليه ، مع كل التعقيدات العويصة للشكل والسلوك الذى يعرضه الخطاف المحلق عابرا كل سماوات العــالم ــ والســالمون البراق الذى يقفز فوق معراج الأســماك فى سدود اسـكتلندا

(١) الخطاف : الطائر المعروف باسم عصفور الجنة (المترجم) •

الكهربائية الخشبية بالرغم من أن الكيميائى يستطيع أن يلم سريعا بكنه هذه الكيمياء ، فان هذا النوع من الكيمياء فى الواقع صعب جدا على الكيماويين • وهم يحسنون صنعا لذلك بتركهم دراسة الخطافات والسالمون فى الوقت الحالى للبيولوجيين •

ولكن بينما نجد فى أحد جوانب علم الأحياء أن الكيميائى بفهمه للكيمياء التى تجعل الحياة تستمر ، وآرائه الحالية عن الأصول الكيميائية للحياة على الأرض ، ومعلوماته ـ بنطاقها المحدود ـ عن كيمياء علم الأجنة ، والطرق التى تنمو بها الخلايا الى الانواع المختلفة من المخلوقات الموجودة على وجه الأرض ـ بينما تتجمع كل هذه المعلومات الكيميائية فى ناحية واحدة ، ففى الطرف الآخر نجد أن علم الأحياء نفسه يمتد الى مجال دراسى مختلف ، لكنه متساو فى غموضه •

فما من كائن حى ، سواء كان أبسط الأنواع كالبكتريا ذات الخلية الواحدة ، أو أكثرها تعقيدا كالفقريات متعددة الخلايا المعقدة ، التى هى الانسان ، يعيش بنفسه فقط • فكل منها يتأثر ببيئته • وهناك أحد أقسام علم الأحياء ، ويدعى علم البيئة ، أو الايكولوجيا ، يتساوى فى أهميته مع المورفولوجيا التى تتناول الشكل والتركيب ، أو الفسيولوجيا الذى يتناول الوظائف ، هذا العلم يهتم بالعلاقة بين الكائنات وبيئتها وظروفها الشاملة • والأرض مليئة بالحياة • ففى مناطق الأقطاب الباردة نجد أن بيولوجية الدببة والبطاريق تكيفت بالنسبة للبرد • ومرة ثانية فى المناطق الاستوائية تعودت المخلوقات على الحرارة • والطيور والخفافيش والسمك ، والحشرات والكائنات الدقيقة ـ كلها تتأثر بما يحيط بها • والتغير فى البيئة له أثره على ميزان الطبيعة • والتأثيرات والنتائج التى تسببها تعد كلها الدراسة المشروعة للبيولوجى •

ومن ضمن العوامل البيئية التى تؤثر على التبيؤ بقوة واضحة هى وجود مخلوقات حية أخرى • ولا أشير هنا الى وجود ، مثلا ، مصادر طبية من بعض النباتات النامية المناسبة كغذاء والتى ستدفع نمو الجراد ، والبعوض والجرذان أو الغزال الأحمر لدرجة أن الأنواع المفضلة ستطغى على الأخرى بأجمعها •

فوجود أعضاء آخرين من نفس الكائن الحى له أيضا تأثير على الحيوانات المفردة .

وقد أشار دكتور واردرآلى ، البيولوجى الأمريكى المشهور فى مناسبات عديدة قبل أن يتوفى فى عام ١٩٥٥ الى دلالة التطور التى تحدث فى الاحياء فى المجال الخاص للتبيؤ . فمثلا ، تستطيع مخلوقات عديدة أن تعيش فقط كأفراد اذا تواجد منها العدد الكافى لتكوين جالية . فاذا قسمت اسفنجة حية الى خلاياها المفردة بعصرها خلال فتحات منديل . ثم يوضع خمسين من الخلايا المنفصلة فى الماء مع بعضها ، فهى ستموت . ولكن اذا كان هناك ألفى خلية ، فستتحد مع بعضها على شكل اسفنجة جديدة . وبالمثل ، فاذا قل تعداد السكان الآدميين فى جزيرة ما من الجزر الاسكتلندية ، فلن يتجددوا بل سينقرضوا تماما .

وقد وصف دكتور آلى كيف تقوم جاليات بعض أنواع الأسماك بحماية المقاطعة التى يعيشون فيها . وقد اشتهر النمل والنحل بالتأثير المتبادل المشتبك للشعب على الفرد . ومستعمرات الدجاج ـ والبقر ـ تنشىء نظاما اجتماعيا ، أيضا . فقد أسس الدجاج نظاما للنقر ، تنقر فيه الدجاجة أ الدجاجة ب ، وكلاهما ينقر الدجاجة ج ، ولكن الدجاجة ب لا تنقر الدجاجة أ .

وتزودنا الكيمياء الحيوية بمعلومات تطبق بالمثل على البكتريا والجرذان البيضاء أو الآدميين الذين يعانون من مرض البول السكرى . فالتشريح المقارن هو دراسة التركيب البيولوجى سواء كان بالنسبة لديدان الأرض ، أو للسكان الأستراليين الأصليين أو بالنسبة لأنفسنا . والتبيؤ يعد أيضا الجزء من علم الأحياء الذى يستطيع استخدام الطرق العلمية فى دراسة التعاون بين الأفراد ، وسلوك الأفراد فى الجماعة ، أو الاعتداء الذى يشاهد بين مجموعة من الأفراد والاخرى . وهذه الافراد قد تكون رجالا ونساء تماما كما يمكن أن تكون مجموعة من النحل أو الخطافات . وفى هذا الاتجاه . لذلك تقتسم الأحياء حدودها مع علم الاجتماع . والكيميائى ، على الرغم من أن معلوماته قد نمت كثيرا فهو قد ينظر الى الأحياء بخجل . ولكن البيولوجى بدوره لا زال أمامه الكثير ليعبر الحدود الى دنيا الأمور الانسانية التى لا تزال غير علمية .

الفصل الخامس

الطاقة الفيزيقية

هناك مسألة مشهورة فى الديناميكا أقلقت لأجيال تلاميذ المدارس ــ وتلميذاتها على حد سواء . اذ يطلب منهم تخيل حبل عديم الوزن معلق فوق بكرة ملساء . ويتدلى طرفا الحبل (بالرغم من أنه عديم الوزن) ، لأن وزنا مقداره عشرة أرطال علق فى أحد طرفيه ، بينما ثبت بطرفه الآخر قرد وزنه عشرة أرطال . وبوضع المنظر على هذا النمط ، تطلب المسألة من التلاميذ تقدير ما سيحدث للمجموعة بأكملها عندما يبدأ القرد فى تسلق الحبل لأعلى بمعدل س قدم فى الثانية .

وبتعبيرات تقليدية قد يعد حاليا هذا النوع من المسائل جزءا من نطاق علم الطبيعة . فقد أنشىء حولها اطار هائل من الرياضيات . فهناك متوازى أضلاع القوى الذى يمكن أن تمثل بواسطته قوتان مختلفتان فى المقدار بمحصلة واحدة ، تعمل فى اتجاه محصور بين الاثنتين . ولكن الرياضيات هى فقط اللغة الوصفية التى يمكن بواسطتها وصف أى نتيجة فيزيقية بدقة وارتياح . وتدخل قوة الجاذبية فى الصورة أيضا . فهى أيضا من اختصاص علم الطبيعة لدرجة كبيرة ، وبالرغم من أن العالم الفيزيقى يعد الجاذبية شيئا ضعيفا ضئيلا بالمقارنة، مثلا ، مع قوى كهرو مغناطيسية معينة ، فهى شيء يحسب حسابه عندما يرضخ لها أى طيار تعس يقع من بالون بدون مظلة .

فأنت ستلاحظ ، على أى حال ، أن فى هذه المجاهل المنظمة للفيزقا ، الموضحة بضوء الرياضيات ، نستطيع أن نقدم بدون غموض ، قردا متسلقا . والقرد ، بالرغم من أنه قد يكون مشتركا فى مسألة فيزيقية ، الا أنه يدين بولائه

الأول للأحياء • والمشكلة التى أود أن أناقشها حاليا هى : كيف تدفع الطاقة الحياة ؟ كيف تحرك الآلة الحية ؟ من الذى عليه أن يفكر فى المسألة — البيولوجى ، الذى له الحق الأول فى القرد ؟ الكيميائى ، الذى ، كما رأينا فى الفصل السابق ، لديه الكثير ليقوله عن الكيمياء الحيوية للخلية ؟ أم العالم الفيزيقى ، الذى يعد أحسن من يستطيع تقرير ما اذا كان القرد سيصعد فى اتجاه البكرة وبأى سرعة ، أم أن الوزن فى الطرف الآخر سيوازن مجهودات القرد ؟

وقد أشار البرت زنت جيورجى ، الحائز على جائزة نوبل وأحد أنشط علماء الكيمياء الحيوية اليوم وأكثرهم سخطا الى الحقيقة المذهلة بأنه ، جنبا الى جنب مع لمحات ذكية تماما من معلومات جديدة قاطعة عن التفاعلات البيوكيميائية ، توجد هناك بقع مظلمة من الجهل • وقد أشار أيضا أنه فيما يتعلق بالحركة العضلية ، فان عدد النظريات المختلفة التى قدمت فى هذا الصدد تبين أن المعلومات الأكيدة ليست فى المتناول بعد •

فنظريات التقلص العضلى ، كما قال عنها زنت جيورجى ، موجودة فى السوق بالعشرات • ولا تستطيع أغلب هذه النظريات مواجهة المجموعات المختلفة من المعلومات التى تعطيها فى نفس الوقت علوم الطبيعة ، والكيمياء ، ووظائف الأعضاء (وهو جزء من علم الاحياء) ، والتحليل الطيفى الالكترونى• ويقول « أن الموقف بالنسبة للعضلة مماثل فى الوقت الحاضر لذلك الخاص بالفيل المقدس ، الذى له من الأسماء تسع وتسعون ، وأن الاسم الوحيد الحقيقى رقم مائة ، يعرفه فقط الفيل نفسه » •

والجزء الأول من النظريات يعد مضبوطا نوعا ، كما هى العادة فى مثل هذه الأمور • فللحصول على طاقة على الاطلاق لأى غرض يستلزم وجود وقود ليعطيها • (وأريد أن أترك جانبا لفترة ما طاقة ضوء الشمس ، المشعة من التفاعلات النووية على الشمس ، التى تتداخل مع كلوروفيل الأوراق الخضراء من أجل أن تصنع كل الوقود الموجود لدينا) •

وقد ناقشت ببعض التفصيل فى الفصل السابق من الكتاب الكيمياء التى يستخدم بواسطتها الوقود فى انتاج الطاقة البيولوجية • اذ تقوم أكثر الخلايا

بساطة ، والتى يمكن أن تعد الخميرة مثالا شائعا لها ، بتفتيت جزئيات مركب كالسكر وتحرقه جزئيا الى كحول وثانى أوكسيد كربون . والكيمياء التى تمهد لهذا الاحتراق ، اذا جاز لنا أن ندعوها كذلك ، معقدة كما رأينا ، وتتضمن مجموعة من عشرة أو اثنا عشرة خطوة متوسطة – الاتحاد مع الفوسفات ، والانفصال عن الفوسفات ثانية ، والبقية كلها . ويمكننا حتى هذا الحد ، أن نوافق بأن ذلك عمل دقيق ومعقد . ولكننا يجب أن نتوقع أن تكون الحياة كذلك ، ومع ذلك ، يمكن التسليم بأنها كيمياء .

وأكفأ الطرق – وأكثرها تعقيدا التى تحصل بها الحيوانات العليا ، ويتضمن ذلك أنفسنا ، على الطاقة من الطعام هى بواسطة التنفس . وتلك أيضا كيمياء . خذ أوقية من السكر واحرقها فى المعمل أو ، اذا كان هناك وفرة من السكر فى كوبا ، فأحرقها فى مراجل القوى الكهربية بهافانا ، فستحصل على ١٠٨ كيلو سعر من الحرارة منها عندما يعانى جزىء السكر تغيير الشكل الكيميائى الى ك أ$_2$ ، يد$_2$ أ . ويمكن الحصول على نفس الكمية من الطاقة فى مجموعة التحولات الحادثة الأكثر تعقيدا للتحلل البيولوجى . وقد أخذ البيولوجيون هذا النوع من الكيمياء كقضية مسلمة . فالطاقة المتوقع الحصول عليها من أنواع الوقود المختلفة موضوعة فى قوائم على هيئة مرجع : ٢١٨ سعر من أوقية من الزبد الصناعى ، ٧٠ من أوقية من الخبز ، ٥٠ من المشمش المجفف، ٤٨ من السالمون المحفوظ . وجنبا الى جنب مع أرقام كهذه ، قيست المتطلبات الكيميائية اللازمة لساعة من الكتابة على الآلة الكاتبة ، أو لصنع حذاء ، أو للمشى أو لركوب دراجة .

ويبدو أن جميعها صحيحة لدرجة أنه ، تماما كما ستقوم شركة السكك الحديدية بتعريض فحمها للتحليل الكيميائى ، ثم لا تستنتج فقط كمية الحرارة التى سيعطيها ، بل أيضا مقدار كفاءة أى قاطرة خاصة معبرا عنها بالحرارة الموضوعة فيها من الفحم بالمقارنة الى الشغل المبذول فى سحب القطارات ، سيقوم البيولوجى بذلك أيضا . فعلى سبيل المثال ، أمامى جدول يوضح الكفاءة الميكانيكية لعمال مناجم الفحم تحت ظروف مختلفة . فالشغل المبذول فى جرف الفحم معبرا عنه بكمية السعر الناتج من طعامهم عندما يكون هناك اتساع للوقوف منتصبين يمثل عائدا مقداره ٢٥٪ ، أما اذا كان على الرجال

أن يقوموا بالحفر وهم رابضين على أيديهم وأرجلهم ، مهما كان ، فان كمية القدم رطل من الشغل المبذول تبلغ ٧٪ فقــط من الوقــود ــ أى الطعام ــ « المحترق » •

أما وقد مضينا بعيدا ، مع ذلك ، وأوضحنا تلك الرقعة الذكية من المعرفة العلمية عن كيفية امكان تفسير المؤثرات البيولوجيــة بتفصيل لا بأس به على هيئة كيمياء ــ ما أن فسرنا ذلك كله ، أود الآن أن ألقى بعض الشك على ما اذا كان انطلاق الطاقة البيولوجية (أى ، نشاط الحياة) كيمياء على الاطلاق •

وقد انهمك مئات من طلاب المدارس والشبان الراشدين خــلال فصــول الصيف القريبة فى الولايات الواقعة فى الجنوب الشرقى ووسط غرب الولايات المتحدة الأمريكية ، فى جمع اليراع (١) من أجــل المنــافع العــامة ، فى العلم والتجارة • وقد نظم البحث بواسطة بيت تجارى كيميائى أمريكى كبــير فى مونت فيرمون ، بنيويورك ، كان أصحابه فى حاجة الى ذيول اليراع من أجــل عملهم الفنى الخاص ولبيعه لمراكز أبحاث أخرى • والغرض من الاحتياج لذيول اليراع ، والذى تعتمد عليه قيمتها الاقتصادية هو الآتى : وجد أن مستخــرجا من ذيل اليراع هو أنفع العوامل التى اكتشــفت حتى الآن لقيــاس المركب البيولوجى ، أدينوسين ثالث الفوسفات • ويعد « أ ت ف » لازما لنقل دفعات الأعصاب ولنشاط العقل كما هو كذلك بالنسبة لنشاط النسيج العضــلى • (فحتى اذا لم يعط الــ « أ ت ف » الحل بالنســبة للاسم رقم مائة للفيــل المقدس ، فهو بدون شك قريب منه) •

فعندما يضاف « أ ت ف » الى المستخرج من ذيول اليراع ينتج ضــوءا متناسبا مع كمية « أ ت ف » الموجودة • وقد جنــد البيت التجارى الأمريكى أنفسهم لجمع ملايين الحشرات فى حملة سنوية ليسمح لهم لا ليجهزوا فقــط كميات من المادة المضيئة لاختبارات الــ « أ ت ف » بل أيضــا لتمكينهم من معرفة المزيد من المادة الحيوية المضيئة نفسها •

---

(١) سراج الليل (نوع من الفراش) « المترجم » •

ولا أريد أن أكتب الآن عن هذه المادة الحيوية المضيئة ، اللوسيفرين ، الغير مفهوم أصلها فى الواقع على وجه الدقة ، أو عن الأنزيم ، اللوسيفراس ، الذى يطلقها • فبالنسبة لأغراضنا ، يعد اللوسيفرين مجرد فتيل لمبة كهربائية واللوسيفراس هو المفتاح على الحائط •والنقطة الهامة لمناقشتنا الحالية هى ، ماهو أصل الطاقة — أو التيار مثلا — التى تسبب توهج اليراعة • وهو بالتأكيد ليس الوهج الأحمر الساخن لفتيل مصباح حقيقى ، لأن درجة حرارة ذيل اليراعة نادرا ما ترتفع على الاطلاق • ومع ذلك ، فان ضوء اليراعه ، المسمى بالاضاءة الحيوية، ظاهرة فيزيقية ، يمكن قياسها •

والعمليات الأساسية لانتاج الضوء فى ظاهرة الاستضاءة الكيميائية هو مايدعوه العلم ؛ لقصور عن الفهم الحقيقى ، «تكوين جزىء مستثار» تنطلق الطاقة الزائدة فيه على هيئة « كم » من الضوء • والمعتقد أن جزيئات اللوسيفرين المؤكسدة ، قد تحتوى أولا على الطاقة الزائدة التى تتحول الى جزيئات اللوسيفرين — وتلك تكون الانزيم — بواسطة الاصطدام • وعندئذ تطلق جزيئات اللوسيفراس المستثار وحدة الطاقة التى تعد مقياسا للاثارة الموجودة بها وهذا هو الضوء • وهناك كمية كبيرة من الشواهد التجريبية ، أعطت فيها ذيول اليراع المستخرجة المجففة مصادر من لوسيفرين منقى جزئيا على الأقل ، ووضعت معها تركيزات منفصلة من خميرة اللوسيفراس مجهزة أيضا بعناية فائقة وجهد كبير • ومن ثم فقد استنتج أن اللوسيفراس يعطى الجزيئات المثارة ، بجانب كونه وسيطا كيماويا يتأكسد بواسطة اللوسيفرين ، كما لو كان مشحونا بالطاقة • وهناك استنتاج آخر غامر به نيوتن هارف ، وهو فى الغالب صحيح قطعا بالمثل •وهو أن اللوسيفراس، بجانب القيام بدوره الخاص فى توزيع الضوء لليراعات ، فهو أيضا يقوم بدور فى العمل الروتينى العادى لتنفس الخلية • أو ، للتعبير عن ذلك بطريقة أخرى ، فالاضاءة وانبعاث الضوء اذن ، ليستا وظيفتين بيولوجيتين مدهشتين ، فهناك فى الواقع واحد وأربعون فصيلة من المخلوقات تمتلك هذه المقدرة — البكتريا ، الديدان البحرية ، الديدان الأرضية ، الحشرات ، يرقان الذباب ، القشريات ، والفطريات • فانه مجرد أن يحدث بعض التغيير التافه فى الأنظمة المعتادة التى يتحصل بواسطتها على الطاقة البيولوجية — فى الفطريات ، لعوامل وراثية ، كما أوضحنا — حتى ينطلق بعض من هذه الطاقة على هيئة ضوء •

ومن أجل أن أوضح ما أهدف اليه ، أود أن أشير الى نقطة سأرجع اليها مرة أخرى ــ ربما مرتين ــ بعد ذلك بقليل • وهى أنه على الرغم من أن المسالك الكيميائية التى قد تبدو بها نشاطات الأنواع المختلفة من الخلايا الحية مختلفة تماما ، وهى فى الواقع مختلفة تماما ، فمن المحتمل أن أعمق اكتشاف للكيمياء الحيوية الحديثة هو وجود تشابه أساسى بينها • فالصورة البسيطة لكيمياء الحياة التى نجدها فى التخمر أطلق عليها لويس باستير «الحياة بدون أوكسجين» •وهى تحتوى على سلسلة من اثنى عشر أو حوالى ذلك من الخطوات الكيميائية المتوسطة وهذه الصورة البسيطة للتركيب الآلى البيولوجى القادرة على دفع الحياة قبل أن يوجد الاكسوجين فى الغلاف الجوى للأرض ، تحتوى فى مرحلتها المتوسطة على عدد من المواد التى نجدها بتغير جزيئى طفيف فقط ، فى الحلقة التطورية الأخيرة من التفاعلات البيوكيميائية فى خلايا النباتات الخضراء ، التى زودت نفسها « بتروس تعشيق » ــ أى مادة الكلوروفيل الخضراء ــ القادرة على الاشتباك مع وحدات كم طاقة الضوء من الشمس حتى أن نظام التخمر المحور ، المدفوع فى الاتجاه العكسى بواسطة الطاقة الشمسية ، يصبح هو عملية التمثيل الضوئى الذى يمكن أن يتكون بواسطته السكر ومواد الوقود الأخرى ، وينتشر فى الهواء منتج ثانوى لعملية التمثيل الضوئى هو الأوكسجين ، الذى يصبح الآن جزءا من الغلاف الجوى الأرضى تنيجة للظهور التطورى للنباتات الخضراء الحية • ولكن مع وجود الأوكسجين فى الهواء ، أصبح ممكنا حدوث تحولات أكثر بساطة فى سلسلة التفاعلات البيولوجية التىتستمر بواسطتها الحياة • والتغيرالحقيقى يزيد قليلا عن اطالة مجموعة الجزيئات ثلاثية الكربون الموجودة فى دورة التخمر حتى تصبح مواد رباعية الكربون التى نجدها فى دورة التنفس الأكثر فاعلية •

ولكن هنا جوهر الموضوع • فنحن ، الهوموسابينز ــ أى ، الجنس البشرى نحمل معنا أنزيمات وجزيئات وسيطة ، موجودة أيضا فى خلايا بسيطة متخمرة وفى خلايا خضراء قادرة على القيام بمجموعة من تفاعلات كيماوية لتكوين السكريات بالنهار وهدمها بالليل ، بجانب التعديلات الأكثر نقاء التى تمتلكها بمفردها المخلوقات المتنفسة مثلنا •

وذلك حاليا جزء من المعلومات المسلم بها . ولكن اذا أظهرت نفس هذه الانزيمات والمركبات الوسيطة لعملية هدم وبناء الوقود الموجودة فى خلايا النبات الحى (وفى المخلوقات الأولية تماما كذلك) ، وكذلك أجزاء من التركيب الآلى للحياة الخاص بنا ، أظهرت هذا التناسق للطاقة البيولوجية ، فالاعتبار المقبول الظاهر على الأقل ، أن عملية «تروس التعشيق» التى تقوم بواسطتها طاقة الضوء بانعاش خلايا النباتات الحية قد لايقتصر على هذه الأنواع من الخلايا فقط . وقد لا يتطلب الأمر تعديلات بيولوجية كثيرة لانتاج كائنات قادرة على اعطاء ضوء من أجل ملاءمة تلك التى تعرف أنها قادرة على استيعابه . وأنا لا أدفع الأمر ، أكثر من لفت النظر الى وجود جزيئات مستثارة فى عمليات الاستضاءة البيولوجية .

وحاليا ، تماما كما فى الجدول الدراسى الخاص بتلاميذ المدارس تكون دراسة الضوء (بجانب الحرارة والصوت) جزءا من الفيزيقا وكذلك أيضا دراسة الكهرباء ، ولذلك دعنى لفترة بسيطة ألفت النظر الى الرعاد(1) .

وهذه السمكة ، ناقلة الكهرباء ، كما نعرفها ، ليست فى الواقع ثعبان ماء على الاطلاق ، ولكن لها صلة قرابة بالشبوط(2) . وتماما كما أن الزرافة حيوان عادى ولكن لها رقبة طويلة جدا ، والحوت أو الدرفيل أو كلب البحر حيوان ثديى نموذجى ولكن له مقدرة نامية بصورة خاصة للحياة فى الماء ، فكذلك الرعاد عضو من العائلة الحيوانية ، الأوستاريوفيزى ، الذى تصادف أنه نمى القابلية لتوليد الكهرباء بقوة أكبر من القرش والشبوط ، وهما ينتميان لنفس العائلة .

والعضو الكهربائى فى الرعاد ليس حدثا معجزا . فهو مجرد تكيف فى العضلات العرضية للذيل . وهذه العضلات المكيفة تكون على هيئة اسطوانات ممتدة بالطول تتكون كل منها من عدد كبير جدا من « الرقائق الكهربية » بحيث ، عندما تتجمع الشحنات كلها سويا ثم تفرغ كلها فى وقت واحد بواسطة الأفرع العديدة للأعصاب الشوكية التى تقوم بخدمتها ، تكون الصدمة جسيمة الى حد كبير — خاصة اذا قابل الانسان سمكة طولها ثمانية أو تسعة أقدام فى مستنقعات البرازيل .

---

(1) ثعبان الماء الكهربائى .
(2) نوع من السمك   (المترجم) .

والنقطة التى أود أن أثيرها هى وجود خلية حية أخرى ، لا تختلف أساسا عن كثير غيرها ، ولكن تظهر فيها الطاقة البيولوجية ، محصلة سلسلة التفاعلات البيوكيميائية المتصلة التى ناقشناها قبل ذلك ، ليس على هيئة حركة أو حرارة ، بل على هيئة كهرباء .

وفى كل الصور الراقية للخليقة تعبر الحياة بالطاقة الفيزيقية التى تنمى بواسطة العضلات . ويبدو ذلك واضحا يمشى الانسان ويجرى ويقفز ويحرك يديه . ونحن نتكلم هنا عن الشخص الحيوى ، وهو الذى يكون دائما فى حركة نشيطة . ولكن حتى عندما نكون ساكنين ، فهناك عضلات تحرك رئتينا باستمرار . فالرجل الجالس على كرسى يحتفظ بقدر معين من الشد على عضلاته . فاذا ضرب بالرصاص فى رأسه وقتل سينكفىء جسده الى الأرض . وأكثر الصفات المميزة للحياة هى ضربات القلب القوية المستمرة .

ودراسة نبض القلب جزء من العلم البيولوجى . والطريق الذى يسلكه وقود الجلوكوز فى اعطاء طاقته ليحفظ القلب مستمرا عبارة عن سلسلة من التفاعلات الكيميائية . أم هل يجب الآن أن ندعى أن العملية كلها تنتمى الى علم الطبيعة ؟

وقد لاحظ لويجى جلفانى فى عام ١٧٨٦ أن أرجل الضفادع يمكن أن نجعلها تقوم بعملية الركل حتى بعد بترها عن باقى الحيوان ، بواسطة تيار من الكهرباء . وأظهر ذلك لأول مرة أن هناك بعض العلاقة بين الكهرباء والنشاط العضلى . وبدت العلاقة على أنها من نوع أساسى عندما اكتشف فى عام ١٧٨٦ أنه فى كل مرة ينبض القلب ينتج تغير مقابل فى الجهد الكهربى ، يمكن قياسه . والفهم الحالى للموقف يكون هكذا . تحاط كل خلية من خلايا عضلات القلب فى حالة السكون بما يعتقد أنه غشاء مستقطب ذو شحنات كهربائية سالبة من الداخل وكمية مساوية من الكهربية الموجبة بالخارج . ولأن هذه الشحنات فى حالة توازن ، فأى تيار لن يسرى اذا وصلت الأقطاب الكهربائية المناسبة لآلة تسجيل ملائمة ، كل قطب على أحد جانبى الخلية . وخلايا عضلات القلب مع ذلك لاتكون أبدا فى حالة سكون لأكثر من برهة . وعندما تبدأ فى العمل ، فان الفسيولوجى (الذى لا يعرف كيف مهد للنشاط) يصف الخلايا بأنها أصبحت منشطة . وما قد يعنيه ذلك (وسأحاول أن أتعمق فى الموضوع أكثر من هذا فيما بعد) هو أن

التوازن الكهربى يضطرب ، فيزال استقطاب جزء مما يدعى الغشـاء ، وتسبب زيادة من الكهرباء جهدا عبر آلة التسجيل .

والآلة المستخدمة لتسجيل دفعات القلب الكهربية تدعى الكتروكارديوجراف[1] وهى عادة ما تحتوى على جهاز لقياس ما يحدث على شريط من ورق حساس . فعندما تسرى الشحنة الكهربية من خلية عضلة القلب المستقطبة يرتفع الخط على مرسمة الألكتروكارديوجراف . وسريعا ، مع ذلك ، يتوقف سريان الكهرباء ، اذ يزال استقطاب خلية العضلة تماما ، وينخفض الخط على المرسمة بالتـالى . وفى نفس الوقت تبدأ الخلية فى استخدام العملية البيوكيميائية التى ناقشناها سابقا : أى ، يدفع الجلوكوز ، الوقود السكرى الذى هو مصدر طاقتها الى اطلاق هذه الطاقة بواسطة سلسلة التفاعلات المتصلة . وعندما يعاد استقطاب مايدعى بغشاء الخلية ينخفض الخط المرسوم سابقا بواسطة الكارديوجراف ، ثم عندما تصل الخلية المشحونة تماما الى حالة التوازن الكهربى ، يعود الى المستوى الذى كان عنده ، عندما بدأت دورة الأحداث أول الأمر .

والسلوك الكهربى لعضلة القلب النابضة بانتظام واستمرار ، متماسك لدرجة أن الخط الذى ترسمه الشحنات الكهربائية على مرسمة الألكتروكارديوجراف يعطى الطبيب صورة مضبوطة ومفصلة عما تفعله .

وعندما يبدأ الانسان فى فحص الناحية الفيزيقية يتضح،كما أن هناك خصائص ضوئية لواحد وأربعين فصيلة من المخلوقات القادرة على بعث الضوء ، فان كل أنواع الخلايا معتادة على بعث الكهرباء . وما عدا خلايا العضلات ، الموزعة تماما فى كل مكان ، تعتمد خلايا الأعصاب أيضا فيما يختص بنشاطها ، على الدفعات الكهربية التى تنتجها . وتتكون الخلية العصبية عادة من مقطع اسطوانى طويل تماما ، مصنوع من نوع من الهلام اللين ومحاط بغلاف . والمعتقد أن المقطـع الاسطوانى المركزى محاط بغشاء مستقطب . ومهما كان أصل هذا الغشـاء ، فهناك شحنة كهربية موجبة بالخارج وشحنة كهربية سالبة من الداخـل . واذا

---

(١) جهاز رسم القلب الكهربائى (المترجم) .

استخدمت الأجهزة المناسبة عند نقط مختلفة على طول نسيج العصب فانه يمكن تسجيل مسار الشحنة الكهربية المارة عبره •

ولا يجب أن يظن أن العصب يماثل سلكا كهربيا أكثر مما يماثل ذيل اليراع الفتيل الأحمر الساخن لشعلة المصباح الكهربائى • فقد يكون هناك كثير من علم الفيزيقا فى العلوم البيولوجية — كما أحاول أن أبرهن — ولكن الفيزيقا الحيوية لها صفاتها المميزة الخاصة كما للكيمياء الحيوية تماما • فالجهد الكهربى الذى يسرى عبر العصب وينقل اشارته لا يتحرك بما يماثل سرعة الكهرباء المارة عبر أسلاك التليفون • وفى الواقع فالطريقة التى ينقل بها نسيج العصب دفعه تشابه كثيرا الطريقة التى تمر بها النار خلال مجرى البارود فى بندقية • وهذه بالطبع ، هى الطريقة البيولوجية المطبقة فى الفيزيقا ، ويبدو أنها ، تماما كما فى الكيمياء — لو كانت الاثنتان ، فى الواقع ، مختلفتين كثيرا • فنحن نحصل على الطاقة سريعا من السكر لكن ، كما بينت سابقا ، ليست العملية احتراقا أوليا • فهى ، بدلا عن ذلك ، بمثابة تسلسل ، أو تمـوج ، لتغيرات كيميائية جزءا بجـزء • وبالمثل ، فبالنسبة للانتقال الكهربى للرسالات عبر العصب ؛ ليست العملية وميض أولى عبر سلك نحاس ، ولكنها اجتياز مرتب ، يأخذ مجراه كما لو كان ، يدا بيد على طول النسيج • ويستتبع من ذلك أن أنسجة العصب الكبيرة تنقل الدفعـات الكهربائية أسرع من الأنسجة الصغيرة •

والعقل يعرض أكبر مثال مدهش للألكترونيات البيولوجية • فالعقل هـو أكثر جزء محكم الصنع فى الجهـاز العصبى ، وليس من المدهش ، لذلك ، أن الطنين والدوى لخلايا العصب الناشطة بصـفة مستمرة ، تجـدهما ظاهرين فى الشحنات الكهربائية المنبعثة منهما • وما يكون مدهشا ، ربما ، أنه يمكن الحصول على البيانات المفيدة عن نشاط العقل باتباع تكتيك غير دقيق كاستخدام أقطاب تسجيل كهربى على الجزء الخارجى لفروة الرأس ، التى هى نفسها ، بالطبع ، خارج الصندوق القوى السميك ، المقفل ، وهو الجمجمه • ولكن التغيرات فى الجهـد الكهربائى للعقل واضحة لدرجة أن الموجات المتلاصقة المترتبة يمكن التعرف عليها عند توصيل الأقطاب الكهربائية الموضـوعة على فروة الرأس عن طريق صـمام

مكبر الى راسم الذبذبات الكهربائية(١) • فخلايا المخ لرجل مغلق عينيه تسبب اتزانا كهربائيا منتظما • وعندما يفتح الرجل عينيه وتبدأ الأعصاب البصرية فى اصدار تشكيلة الرسائل المعقدة التى تفسر فى العقل على هيئة صور ملتئمة ، يتبدل السياق المنتظم للتغيرات فى الجهد الكهربائى ، وتظهر مجموعة من الموجات الصغيرة ، السريعة • ولكن اذا أغلق الرجل عينيه ثانية بعد فتحها وقراءة فاتورة مثلا ، وضعها فى يده سفرجى ، ثم بدلا من أن يسترجع حالة الاسترخاء يبدأ فى جمع المفردات فى رأسه فستظهر نفس مجموعة الموجات على جهاز رسم المخ الكهربائى(٢) ، عند تسجيل الشحنات الكهربائية للعقل • وسيكون لدى الكثير لأقوله عن ذلك فيما بعد فى الفصل السابع من هذا الكتاب •

وأريد الآن أن أعود ثانية الى البداية وأتأمل مرة أخرى أى نوع من الأشياء تكون الطاقة البيولوجية ـ أى أكثر الصفات المميزة الأساسية للحياة الخاصة بالحيوانات العليا ـ وبالتحديد ، الحركة •وكبداية ، قد يؤخذ علم الأحياء ليبدأ بالتشريح المقارن أو بعلم الحيوان المقارن • فاذا نظرنا اليه بهذه الكيفية ، نستطيع مقارنة حركة حصان مثلا ، مع حركة كلب ـ وهما الحيوانان اللذان فى استطاعتهما الجرى لمسافات طويلة ـ أو نرجع الى حيوان مثل قط ، أو نقارن التركيب العضلى لأرنب أليف مع أرنب برى • ويمكن الأخذ بوجود اختلافات أساسية أكثر بين الترتيبات العضلية للمخلوق الثابت الحرارة كالكلب السلوقى والمخلوق المتغير الحرارة كالضفدعة • ولكن بالرغم من أن التشريحات الاجمالية لهذه الحيوانات تختلف فى وجهات معينة ، فالتشابه الأساسى فى النظام الآلى الذى تقوم بواسطته عضلاتها باستعمال الطاقة لانتاج حركة ملحوظ جدا •

وأحد أجزاء هـذه العملية هى مجموعة من التفاعلات البيوكيميائية يؤدى أحدها الى الذى يليه ، والتى أشرت اليها قبل ذلك أكثر من مرة • ولكن هـذا النظام يضاهى النار الموجودة فى موقد آلة السكة الحديد • اذ ينتج الفحم المحترق طاقة حرارية ، بالتأكيد ، ولكن لا بد من وجود نظام مركب من أنابيب المرجل ،

(١) Oscillograph

(٢) Encerhalogram

والاسطوانات والمكابس اذا كان على الآله أن تسير • وقد ناقشـنا أساسا حتى الآن ، فى تعبـيرات بيولوجية ، كيف تحترق النار ــ أى دورة التخمر ، ودورة كربس • وهلم جرا •

والحلقة الأساسية التى تتصل بواسطتها هذه الأنظمة من الكيمياء البيولوجية بالكائنات الحية لتواصل حياتها ــ فالحركة تكون غالبا مترادفة مع الحياة نفسها هى أدينوسين ثالث الفوسفات الذى أشرت اليه قبل ذلك • ولهذا المركب كما يدل اسمه ثلاث مجموعات من الفوسفات متصلة به ، وترتبط الأخيرة منها بالتى تجارها بواسطة ذرة أوكسجين • ويكتب الاتصال بيانيا ، بالمصطلحات الكيميائية كالآتى ، ف ــ أ ــ ف (ف لذرات الفوسفور ، أ للأكسجين الموجود بينها)•ولكن يبدو كما لو أن الفوسفات الأخير المتصل بهذهالكيفية قد وضع فوق زنبرك صلب وأن الزنبرك قد التوى عند تثبيته • ولهذا عندما ينفصل الفوسفات ، فهو ، كما لو أنه ، يقفز دائرا مع كمية الشـد المنطلقة من الزنبرك الملتوى ويكسب جزيئة المجاور دفعة حادة من الطاقة •

واليوم نعرف تماما أن جزءا أساسيا من العمل الكيميائى الذى يقوم به نظام امبدن مايرهوف بارناس للتخمر ، الذى تعيش بواسـطته الكائنـات الأولية الدقيقة ، وأنظمة مماثلة فى عضلاتنا نحن الحيوانات العليا ، هو « تصفية » الشد المثبت بواسطته مجموعة الفوسفات الأخيرة فى جزىء الأدينوسين ثالث فوسفات• والكيميائى الحيـوى العادى المجـد ، لديه تحت تصرفه طرق تحليلية يمكن له بواسطتها التعرف على جزىء الأدينوسين ثالث الفوسفات المصفى ، الملىء بالطاقة كما يمكنه أيضا قياس جزىء الأدينوسين ثانى الفوسفات ، وهو ما يتخلف مؤخرا بعد أن ينفصم بعيدا الفوسفات الأخير ويفرغ طاقته •

وقد قام البرتزنت جيورجى بعمل تجربة مدهشة لاثبات هذه الطريقةواقعيا • فأخذ قطعة صغيرة من عضلة أرنب ، كانت قد حفظت بالفعل فى الثلاجة لبضـعة أيام ، وعلقها فى محلول بسيط فى المعمل ، ثم أضاف الى المحلول كمية صغيرة من

الأدينوسين ثالث الفوسفات المنقى • فتقلصت على التو قطعة العضـلة بكـامل القوة التى كان يمكن أن تبذلها فى الحياة ؛ ثم أظهر التحليل الذى تلا ذلـك أن الفوسفات الأخير للأدينوسين ثالث الفوسـفات قد انفصـم فى العملية وتخلف أدينوسين ثانى الفوسفات فقط • والنقطة الهامة والمدهشة هى ، ما الذى جعل سلسلة من تغيرات كيميائية ماضية بهدوء ، متدرجة جميعها ومركبة احدها فى التالى تنتقل فجأة من الكيمياء الى الفيزيقا ؟ فاذا كانت العضلة بدلا من أن تعلق فى أنبوبة اختبار فى معمل زنتجيورجى ، كانت فى ساق القرد الذى يتسلق الحبـل العديم الوزن المدلى فوق البكرة الملساء ، لكان القرد قد تحرك أعلى الحبل ، واضطرب التوازن ، وتحولت مشكلة بيولوجية الى نطاق الديناميكا •

والى هنا نصل الى حد حقيقى لعلم الأحياء ، والحد بين الأحياء والكيمياء قد تأسس جيدا واستكشف تماما • وقد ناقشناه ببعض التطويل فى الفصل الرابع من الكتـاب • ولكن الآن ، بالطريقة التى تمضى بها الأمور فى العلم ، فالتقـدم السريع فى امتداد الفهم الكيميائى للأحياء قد تباطأ لدرجة ما ، ويبدو كما لو أن الادراك الأساسى الجديد بالفعل عن كيف تعمل الحياة قد يأتى عن طريق الفيزيقا • أو لاقرار قصر الأمر بطريقة مختلفة ، فعلم الاحياء وقد مر خلال مراحل عديدة ، باهتمامه أولا بالحيوانات والنباتات كمجموعة ؛ ثم تحوله الى دراسـة التركيب الميكرسكوبى الدقيق للكائنات الحية ، ثم الى بحث فى التغيرات الكيميائية التى تحدث تحت سطح الخلية الحية ، قد انتقل الآن الى الاهتمام بما يحـدث على المستوى الجزيئى والذرى ـ حقا ، ألا نسلم بأن البيولوجيا هذه الأيام ، تصبح بالفعل فرعا من الفيزيقا •

ويعد زنتجيورجى أكثر من عمل لتخطيط هـذه الطريقة الجديدة للتفكير التى ، قد تأتى منها قفزتنا التالية للأمام فى الادراك •والفكر الجديد بسيط وواضح حالما تبين • فقد أوضحت أبحاث الخمسين أو الستين عاما الأخيرة دورات التغير

الكيميائى التى تعمل فى الاحياء • فيمر تموج بسيط من «الطاقة» عبر قائمة المواد المتلاصقة • وتغير كل مادة الترتيبات النسبية للرباطات التى تتصل بواسطتها ذرات الكربون والهيدروجين والأوكسجين • وغالبا ، تحدث التفاعلات بسهولة • وانه فقط عندما يحدث ترتيب ما خاص يتحول هـذا الخفقان السلس للطاقة الكيميائية الى صورتها من الطاقة الفيزيقية العنيفة ، فتتقلص عضلة ويلكم شرطى فى الأنف ، أو يعطى الرعاد صدمة لشخص ما • أو تخفق دودة الليل بنورها • وذلك معناه أن كمية الطاقة الكيميائية التى تبـدأ فى احداث التموج البسيط والتى ، على سبيل المثال ، تسمح للوقود البيولوجى الشائع ، وهو الجلوكوز ، أن يصبح بالتالى فوسفات الجلوكوز ، ثم فركتوز الفوسفات ، ثم فركتوز ثانى الفوسفات ، وهلم جرا قد يشار اليها عند كل مرحلة متاخمة بالحرف E • ويحدث عندئذ فى سياق التفاعلات الكيميائية السلسلة التشابك أن يحين الوقت لاستخدام هذا القدر من الطاقة E فى رفع زناد المسدس البيولوجى ـ أى ، فى لى الطرف المتوتر لفوسفات الأدينوسين ثالث الفوسفات • ويمثـل ذلك شيئا مختلفا فى فاعلية النشاط البيولوجى • وقد اقترح زنت جيورجى أنه بدلا من أن تكتب على هيئة E ، يجب أن يشار اليها بالحرف « E* » • وقد قارن هذه العملية فى البيولوجيا بالعملية المماثلة فى الطبيعة النووية التى تتجمـع بواسطتها طاقة الوضع للمكونات المشعة لقنبلة ذرية • فالطـاقة موجودة كلها فى المكونات ، ولكنها ذات أهمية حربية بسيطة الى أن تتجمع مع بعضها وتصير القنبلة «حرجة» ـ أعنى ، الى أن تتحول الأهمية الكيميائية لأملاح اليورانيوم الى أهمية خاصة بالجهد وهو ما يعد فيزيقيا بالتأكيد •

وأحسن ما نستطيع أن تقوله فى كلمات عن الطاقة المنشطة « E* » ، أنها تدل على نوع من الاثارة الجزيئية ، قد يكون الكترونيا ، ذبذبيا ، أو دورانيا • ولكن حالما يتضح هذا التصور يمكننا أن نرى على الفور أنه لا شيء مستحيل بالنسبة لها • وقد أشرت قبل ذلك الى الحلقات المتماثلة غالبا من التفـاعلات

البيوكيميائية التى تنطلق بواسطتها طاقة فى جانب (فى دورات التخمر والتنفس)، وتكتسب فى الجانب الآخر فى النباتات الخضراء بواسطة التمثيل الضوئى • ولكن نفس هذه العملية للتمثيل الضوئى ، التى تعتمد عليها معظم دنيا المخلوقات البيولوجية برمتها ، تعد مثالا رائعا لتحويل الطاقة الفيزيقية الى اثارات الكترونية ومن ثم الى الحالة الأهدأ والأكثر طواعية من الطاقة الكيميائية الكامنة •. فالاشعاع الشمسى ، المشتق من النشاط النووى على الشمس يؤسر بادىء ذى بدء بواسطة الاصباغ ، خصوصا بالمادة الملونة الخضراء، الكلوروميل فى الأوراق • وأنه لفى هذه المواد الملونة تصبح الطاقة الفيزيقية للشمس اثارة كيميائية وهو ما عبر عنه زنت جيورجى بالرمز « E* » ، والذى يصبح مستقرا بعدئذ على هيئة « E » ويجعل المجموعة الطويلة من الأنظمة البيوكيميائية مستمرة •

وواضح أن ذلك هو الحد الذى يكاد العلم البيولوجى أن يعبره • ولا يمكن أن يمضى وقت طويل حتى نستوعب العمليات الفيزيقية التى عن طريقها تلتقط فوتونات الضوء من الشمس بواسطة جزيئات الكلوروفيل حيث يمكن ايجادها على هيئة « E* » وبالمثل ، فنحن على وشك ادراك الطريقة التى يمكن بها عند المرحلة المناسبة من سلسلة التغيرات المعروفة نوعا ما الآن ، أن « تثير » الطاقة الكيميائية المختزنة فى سكون والموضوعة على هيئة جليكولين فى أكبادنا ــ أو دهن هنا وهناك على أشخاصنا ــ الى الحالة « E* » لدرجة حدوث بعض المجهود الفيزيقى ، كالتفريغ الكهربائى من خلايا المخ (أو الرعادات ، أو القلوب) أو ــ أهمها كلها ــ النشاط العضلى •

الفصل السادس

النشوء — فى الأحياء وغير الاحياء

نشر شارلز داروين فى عام ١٨٥٩ « أصل الأنواع » فأحدث تغييرا فى طبيعة التفكير فى العلم . ولم يقتصر هذا التغيير فى وجهة النظر على الأحياء فقط ، التى كان داروين نفسه مهتما بها ، بل تناول علمى الكيمياء والفيزيقا على حد سواء وكان موضوع داروين الأساسى أن أنواع المخلوقات الحية — أى الحيوانات والنباتات — لم تكن ثابتة ، بل كانت تتغير بعملية تطور . وكان أكبر سند له تلك الكمية الضخمة من الشواهد التى أوضحت أن التحول لابد أن يكون قد حدث . وقد جمع بنفسه كثيرا من هذه الشواهد خلال رحلة السنوات الخمس التى أمضاها باحثا فى أمور الطبيعة فى السفينة بيجل . واقترح بعد ذلك النظام الذى يمكن أن يكون التطور قد حدث بواسطته — وهو على وجه التحديد ، الانتقاء الطبيعى .

وقد وسع داروين بنفسه فكرة التطور لتتضمن نشوء الانسان من أسلاف أكثر بدائية لها شكل القرد ، وكذلك تطور العقل والسلوك ، والتركيب الجسدى ووظائف الأعضاء أيضا . وقد امتدت نفس الفكرة الآن الى غير المجالات البيولوجية . ففى الفيزيقا — اذا أمكن لنا أن نسمح لهذا العلم الأساسى أن يكون بمثابة الأب لعلم الفلك الحديث — هناك حركة تطورية فى تكوين العناصر الكيميائية ، فى خلق النجوم ، وفى تاريخ « حياتها » التدريجى وانحلالها « وفنائها » المنتظر . ومن ناحية أخرى طبقت الآراء التطورية على مواضيع انسانية كعلم اللغات والأنثروبولوجيا (١) الاجتماعية وحتى على

---

(١) علم التاريخ الطبيعى للأجناس البشرية (المترجم) .

القانون المقارن والدين . وحيث أن تحديد العلوم المنفصلة عن بعضها ، كما رأينا قبل ذلك ، يعد على الأقل مسألة اختيارية نوعا ، فحدود الفصل بينها ترتبط بالتغير ، أو ربما قد تصبح مبهمة أو تتلاشى ، عندما تتطور الأفكار والمعلومات — وكذلك عندما تتطور نفوسنا ومقدراتنا الذهنية والثقافية .

والفكرة العامة للتطور — أى ، أن تكون الأشياء معرضة لنظام من التغير المرتب — تعد جديدة تماما فى صورتها الحالية . ويرجع تاريخها كما قلت ، الى عام ١٨٥٩ ، وقد تعرض ظهورها لمقاومة قوية وعنيفة . فكانت هناك المناسبة المشهورة فى اجتماع الجمعية البريطانية بأكسفورد عام ١٨٦٠ ، والتى لا أبدى أى أسف فى تكرارها اليوم . فقد قام ت . هـ هكسلى بقراءة بحث من متضمنات استنتاج داروين . وقد أوضح أنه اذا ظهر فى أى مجتمع من المخلوقات بعض منها حائزا لصفات لاءمته بصورة أفضل للتمشى مع الظروف المحيطة به ، فستحل هذه الحيوانات (أو النباتات) تدريجيا محل الأخرى التى لا تمتلك المقدرات الجديدة النافعة وهذه القدرات أو الصفات الخاصة — ولم يحاول داروين فى ذلك الوقت أن يمضى الى نهاية الشوط فى التمعن فى كيفية نشوءها — يمكن أن تكون مثلا منقارا مناسبا بصفة خاصة لظروف التغذية فى احدى جزر مجموعة الجلاباجوس حيث يسمح للطائر الذى يمتلك مثل هذا المنقار أن يحل محل الآخرين — أو قد تكون طفرة فجائية لعقل يمتلك قوى تعليل تفوق مجال الأفراد الآخرين فى نفس المجتمع .

وعندما جلس هكسلى أخذ مكانه الدكتور صامويل ويلبر فورس ، أسقف اكسفورد ، الذى بدون أن يهتم بمناقشة حجة التطور البيولوجى التى كونت مادة بحث هكسلى ، استخدم فقط مهاراته الخطابية وهيبة منصبه كأسقف فى السخرية من الفكرة بأكملها . ثم اختتم بأن سأل هكسلى ما اذا كان يدعى التسلسل عن قرد قد أتاه عن طريق جده أم عن طريق جدته .

وكانت الغرفة مزدحمة ومتوترة عندما قام هكسلى بالرد . وكان مضمون كلماته هو . « اذا سئلت أى الأمرين أختار ، أن أتسلسل عن الحيوان المسكين ، ذى الذكاء المتواضع وهيئة المشى الخانعة ، الذى يكلح ويرتجف عندما نمر ، أو عن الرجل المنعم عليه بمهارة فائقة ومركز عظيم ، الذى يجب أن

يستخدم هذه الهبات فى تكذيب وسحق الباحثين عن الحقيقة ، لترددت بما أجيب » •

وأثار هذا الرد ، الذى كان فى نفس الوقت يحمى حق العالم فى اتباع حجته أينما قد تؤدى ، معضدا منطق داروين الذى لا يدحض والذى أظهر بوضوح وجود عملية تطور فعالة ، ومتحديا أيضا شخصا رفيع الشأن كأسقف انجليكانى فى رأيه الخاص ، أثار هذا شعورا جسيما • بالفعل ، فقد غشى على احدى السيدات فى المنصة والأهم من ذلك بالنسبة لعصرنا الحالى ، مهما كان، أن الواقعة ثبتت بطريقة روائية ، الأفكار الجديدة للتغير والنشوء فى الأشياء الخاصة عنا والتى تقابلها فى العلم ، والتى فى أنفسنا كذلك وهى ما تعد أيضا جزءا من النظام التطورى •

وأنا لا أريد أن أوجه الرأى الى أن الناس فى القاعة الكبيرة الذين استمعوا للنقاش بين هكسلى وولبر فورس ـ والذين وافق معظمهم مع ولبر فورس ـ كانوا أكثر غباء منا بأى درجة ، أو ، للتعبير عن نفس الفكرة بطريقة أخرى ، أننا اليوم لسنا أمهر بأى درجة من أسلافنا منذ مائة سنة • وحقا أننا نعرف أكثر ، لأنه كانت هناك مائة عام خصيبة جدا بالأشياء الجديدة المستكشفة خلالها • ولكن ذلك لا يعنى القول بأننا أكثر استعدادا بدرجة كبيرة لقبول الأفكار الجديدة عما كان عليه أجدادنا القدماء ومع ذلك قد تكون هذه هى بالضبط الوجهة الفكرية التى قد نحتاج فوق كل شىء لأن نسلم بها •

ويبدو أن فكرة التغير التطورى ، تنطبق على نواح ثلاثة فى الكون • فأولا ، هناك اكتشافات داروين واكتشافات والاس ، وهو الذى أوصلته أفكاره الى نفس الاستنتاجات فى نفس الوقت كداروين ، والذى نشر بالاشتراك مع داروين البحث الذى شرحت فيه النظرية الجديدة • وتطبق فكرة التطور هذه على علم الأحياء • فهى فى صورتها القديمة قد أشارت الى التحولات والتغيرات التى حدثت فى الأشكال النباتية والحيوانية • والحجة التى جمعت لتعضيد فكرة التطور ، والتى سنناقشها بتفصيل أكثر فيما بعد ، تتضمن التغيرات التى يمكن ملاحظة أنها حدثت فى الصور الحية للتركيبات البيولوجية التى نستطيع أن نراها فيما حولنا ، كما تستخدم أيضا كشواهد ، النتائج المستخلصة من

صور حفريات الحياة البدائية منذ أمد طويل والموجودة فى الصخور • أعنى أن دليل داروين على التطور مستقى تماما من علم الأحيــاء • ولكن كما ناقشنا قبل ذلك فى الفصل الرابع الكتاب ، هناك سبب قوى للتسليم بأن الأحياء كيمياء فى نواحيها ، على الأقل • فهل ، لذلك ، ينطبق التطور بفكرته الأساسية لبقاء الأصلح على الكيمياء مثل الأحياء ؟ وكما سأحاول أن أشرح بعد لحظة ، فهو ينطبق بدون شك على الكيمياء الحيوية ، ولذلك ، يصــبح من الصعب منطقيا ألا يكون له ارتباط بالكيمياء أيضا •

ودعنا نتأمل للحظة ماذا حدث لفكرة التطور الدارونية نفسها • فبالطريقة التى أوضحها داروين ووالاس كان التطور عملية ، تقول بأنه اذا ما حــدث بواسطتها بعض التغير بالصدفة فى تركيب أو سلوك فصيلة حيوان أو نبات ــ أعنى ، اذا ما حدث ما يسمى بالنشوء أو التحول الفجائى الملائم ــ وكان هذا التغير مساعدا على بقاء المخلوق ، فان هذه المخلوقات التى حدث لهــا هــذا التحول الفجائى ، تحل محل الأخرى التى ظلت كما هى • وثمة مثال واضح فعلى لهذه القاعدة قد عرض بواسطة عدد لا بأس به من أصناف الســوس فى بريطانيا وأوروبا الغربية • فمنذ وقت ليس ببعيد كانت أغلب هذه الأصناف باهته اللون • وكانت هناك فى بعض الأحيان أنواع قليلة داكنة اللون ، ولكنها كانت أقل صلاحية فى تجنبها لأعداءها لانها كانت تبدو ظاهرة عــند تسلقهــا لجذوع الأشجار الباهتة اللون عموما التى تعيش عليها • ومنذ ذلك الوقت ، على أى حال ، تغيرت البيئة • فأصبحت أوروبا الغربية بلادا تصنيعية ، وجذوع الأشجار الآن داكنة اللون غالبا • وبالتالى ، أصبح السوس الباهت اللون هو الأقل ملائمة للظروف المحيطة به ويمكن أن تراه الطيور بسهولة أكبر وتأكله • وحلت اليوم الأشكال السوداء الداكنة محل الباهتة اللون ، وعاشت لأنهــا أصــلح •

وقد يكون مما يستوجب الاهتمام أن نتوقف لحظة لتوضــح ســوء فهم محتمل • فعندما تجد السوسة الفاتحة اللون أنها تقتنص باستمرار بواســطة الطيور لا يمكنها أن تقول لنفسها « ان من الأحسن لى أن أتحول سوداء ــ بافتراض أن لديها من الذكاء ما تعرف به ماذا يحدث وهو ما لا تملكه طبعا » • وبالمثل ، فاذا بدأت الزرافة تكتشف أن معظم الأوراق الغضة تنمو دائما على

قمم أشجار أكبر من أن تصل اليها ، فهى لا تستطيع أن تنمى رقبتها بمطها باستمرار .وترى فقط عملية أسس النشوء أن الزراف المولود برقاب طويلة بصورة خاصة سيوجد فى بيئة حيث تعد الرقاب الطويلة ذات قيمة بقاء بالنسبة له ــ أعنى ، حيث تنمو وفرة من الطعام الجيد على الأشجار الطويلة . وهناك جانب آخر لهذا بالمثل . فاذا أظهر التحول الفجائى حيوانا عنده متوسط فرصة بقاء نصف بالمائة فقط أعلى من بقية المخلوقات التى انحدر عنها ، فسيحل محل النوع الأصلى فى فترة بيولوجية قصيرة على هيئة الصورة العادية لجملة المخلوقات .

وقد تأيدت فكرة التطور فى الأحياء ، كما قلت ، تقريبا منذ الوقت الذى نشر فيه داروين ودالاس بحثهما الأصلى فى عام ١٨٥٩ . ومنذ ذلك الوقت حتى الآن حدث تغير أساسى فى تصور كيفية نمو الأنواع فى التركيب والمقدرة. ففى عام ١٨٦٥ نشر جريجور مندل ، وكيل المدرسة العليا فى برنو ، الموجوده حاليا بتشيكوسلوفاكيا ، بحثا فى جريدة نباتية مغمورة . واحتوى ذلك على بيان عن عمله التجريبى فى تنمية الباذلاء . فقد اكتشف أنه عندما يتوالف اثنان من نباتات الباذلاء لا تكون الخواص المميزة للسلالة مجرد خليط من الصفات الموجودة فى الوالدين بل ، على العكس ، قد تمتلك بعض الذرية خاصية أو أخرى من خواص الوالدين بنسبة حسابية منتظمة تماما . وكمثال ، دعنا تتأمل ما اكتشفه مندل عندما تخصب زهرة باذلاء ذات بذور ملساء بواسطة حبوب لقاح من باذلاء مجعدة البذور . ففى المحصول الأول كان هجين الباذلاء كله ذا بذور ملساء . ولكن عندما توالفت هذه الباذلاء الملساء البذور على بعضها، كان ثلاثة أرباع المحصول فى هذه المرة أملسا والربع مجعدا . وعندما توالفت هذه الباذلاء المجعدة مع بعضها ، كانت السلالة كلها مجعدة ، ولكن عندما لقح الجيل الثانى من الباذلاء الملساء نفسه ، كانت بعض البذور المنتجة مجعدة والبعض ملساء . وفى الحقيقة ، وجد أن فى كل جيل يعود أحد الأرباع الى أحد الأشكال الاصلية وربع آخر الى الشكل الآخر ، أما النصف المتبقى ، فهو ، بينما يتشابه فى مظهره مع أحد والديه ، سرعان ما يكشف نفسه بمظهره الوراثى على أنه هجين مولد . وما أظهره مندل هو أن توارث صفات معينة يمضى بواسطة عامل من نوع معين ينتقل كوحدة من أب الى ذرية . فالأفراد ،

لذلك ، ليست توليفات من الصفات المميزة لآبائها بل ألغازا معقدة مكونة من اتحادات وتبادلات لوحدات الأجـزاء أسلمتها كمـورثات فى الصبغيات (١) الموجودة فى البويضة والمنى التى اشتق عن تزاوجهما كل فرد منا .

ويجب أن نذكر بالمناسبة أن تجارب مندل المدهشة والنتائج الجديدة ــ والصحيحة تماما ــ التى استخلصها منها قد أغفلت تماما لمدة خمسة وثلاثين عاما . وعندما أعيد اكتشافها فى عام ١٩٠٠ بواسطة البيولوجى النمساوى فون تشيرماك تعجب الناس لأن هاو أمكنه أن يحقق تقدما جوهريا وهـاما بهـذه الدرجة فى التفكير البيولوجى . والسبب فى كيفية استطاعته تحقيق ذلك يبدو لأنه كان خبيرا بالتفكير الجديد فى مجالين بيولوجيين ، وهما ، تهجين النباتات وتنمية الباذلاء .

وكان معتقدا فى الأيام الاولى لبحث مندل أنه قد ينطبق فقط على الصفات المميزة الكبيرة أو البارزة كالمهق (٢) ، حمرة أو زرقة الأزهار ، الجلاحة (٣) فى الماشية ، شكل العرف فى الديكة ، أو النماذج الملونة فى جـرذان المعـامل . وسرعان ما ظهر ، مع ذلك ، أن عوامل مندل كانت أيضا مسئولة عن نقل الفروق البسيطة والمسماة بالتغيرات المستمرة التى لا يمكن وضع حد فاصل فيها بين الخواص المختبرة ــ كأن يكون الانسان قصيرا ، أو متوسط القامة ، أو معتدل الطول ، أو طويلا ، أو طويلا جدا ؛ أو ذا شعر بنى اللون ، أو أسمر نحاسى ، أو رملى ، أو أحمر .

ويبرز عـدد من المدلولات الجـديدة عن الأفكار المنتشرة حـديثا التى استخلصها مندل عند تطبيقها على النشوء الداروينى . تخيل قوما من الناس مستقرين فى بيئة مستقرة . ويمتلك كل جيل من المخلوقات خواص ممـيزة مشتقة من مختلف أشكال وألوان الجينات (المورثات) ــ قد يكون ترتيبها معاد فى نماذج مختلفة ولكنها نفس الجينـات مع ذلك . ثم يحـدث تغـير ، بالصدفة ، كما يبدو . وتتبع طفرة جديدة ، لنفترض أن فى مقدورها التمشى

(١) وحدات المادة العضوية والعامل فى نقل الصفات الوراثية (المترجم) .
(٢) بياض فى الجلد والشعر والعين « برص » .
(٣) عدم وجود قرون .

مع أمور الحياة بكفاءة أكثر من آبائهـا التى اشـتقت منها • فلن تمضى فترة طويلة حتى تصبح الأنواع متكونة من النشىء الجديد • هذا هو التطـور • وسريعا ما اتضح ، أن السبب فى حدوث هذه التغيرات والتحورات كان مرجعه فى الحقيقة بأن التغيرات كانت تحدث فى العوامل المورثة ــ الجينات • وهذه التغيرات البيولوجية سببها تغيرات طفيفة فى التركيب الكيميائى أو التركيب الجزيئى للجين أو الجينات المشار اليها •

وقد أشرت فى الفصل الرابع من الكتاب الى الأصل الكيميائى لمادة د • ن • أ • (حامض الدى أوكسى ريبونيوكليك) الجزىء الهائل الذى يحـوى فى داخله القدرة على جعل الجينات تؤدى ما تقوم به • وأصبح ذلك هو التطور فى يومنا نحن لأسس داروين المعدلة من قبل خلال أعمال منـدل • ولكن ما زالت تبزغ أفكار جديدة أبعد •

فالطفرات الذاتية ، بالرغم من ثبوت حدوثها فى كل أنواع الكائنات ، فهى نادرة نسبيا • وكقاعدة عامة ، فان أقل من طفرة واحدة تحدث فى خمسين مليونا من المخلوقات • غير أنه فى عام ١٩٢٧ اكتشف مولر أن الطفـرات يمكن أن تستحدث • فمثلا ، وجد أن أشعة اكس تؤثر على كيميـاء الجين حتى أن معدل النشوء يزداد كثيرا • وثمة عوامل فيزيقية أخرى ، كالاشعاع فوق البنفسجى فانه يحدث أيضا طفرات ، وكذلك بعض المواد الكيميائيـة ــ وعلى سـبيل المثال ــ غاز الخردل • وأكثر الأشياء دهشة ، ربما ، بالنسبة لنـا نحن مواطنى القرن العشرين الحديث ، هو معرفة أن الطفرات يمكن تنشيطها بواسطة النشاط الاشعاعى •

ولذلك ، فان أحد الاحتمالات الجديدة عن التطور البيولوجى هو ، أنه قد يكون فى مقدرتنا أن نجعله يحدث • فعلى سبيل المثال ، أحرز بعض النجاح فى جعل فطر البنسليوم يتبدل بتعريضه لأشعة اكس حتى أن السلالة الجديدة قد تنتج بنسلينا أكثر من القديمة • فاذا أمكن تحقيق مثل هذا النشوء الموجه مع الفطريات ، فليس هناك سبب ، من حيث المبدأ لئلا يكون ذلك ممكنا مع بعض الصور الأعلى من الحياة • ولكن قبل أن نحاول متابعة هذه الفكرة حتى

الاستنتاجات المنطقية التى تمكننا منها معلوماتنا الحالية ، أود أن أعــود الى الوراء للحظة وأتأمل فيما قد يدعى بالتغير التطورى فى عالم الكيمياء .

فأنواع الحيوانات التى نراها حولنا فى العالم حاليا ، وكذلك أنفسنا أيضا بالنسبة لهذا الأمر ، نشأت كلها عن أنواع سابقة كانت موجودة قبلنا . وتوجد آثار بعض من هذه الأنواع البيولوجية السابقة على هيئة حفريات ترقد كل منها فى طبقات الصخور التى تكونت فى الوقت الذى كانت فيه المخلوقات حيـــة . ومن المعقول أن تتوقع أن أول نوع من نظام كان يمكن وصفه بأنه « حى » لم يترك أثرا على الاطلاق ، اذ أن من المحتمل تماما أنه لم يكن يمتلك شيئا صلبا و متماسكا بما فيه الكفاية ليترك نقشا ثابتا فى الصخور . ومن الصعب تماما التمييز بين عمليات الحياة الأولى بواسطة التخمر فى أقصى صورها البدائيــة وبين الأنظمة غير الحية ، لانطلاق الطاقة الكيميائية .

ولكن حتى نظام الكيمياء نفسه لم يكن ساكنا على مر الزمن . فهناك دليل طيب من التجارب فى المعمل وبالمثل من مشـــاهدات علم الفلك الفـــيزيقى أن العناصر ، التى نجدها على الأرض والتى ــ درسناها تماما فى الوجود التاريخى القصير للانسان كمخلوق متعلم ، لا توجد فى عوالم أخرى كما نعرفها هنا . فهناك عوالم أخرى ــ فى النجوم ــ حيث لا تزال تتركب العناصر الكيميائية . ويستطيع الآن علماء الفيزيقا وعلماء الرياضة الجدد أن يوضحوا الكميـــات النسبية لكل العناصر تقريبا ، من الهيدروجين ، أخفها وله وزن ذرى ١٫٠٠٨ ، الى العناصر الثقيلة كاليورانيوم ، ذى الوزن الذرى ٢٣٨ ، وما وراء ذلك ، عند مشاهدتها والتعرف عليها بالطرق الطيفية وبواسطة طرق أخرى فى أنواع مختلفة من النجوم .

والهيدروجين هو أبسط الذرات الكيماوية ، حيث تمتلك الكترونا مفردا يدور حول نواة بسيطة ، ثقيلة . وعند درجات الحـــرارة من ١٠ مليون الى ٥ مليون درجة مئوية والمعروف أنها توجد فى نجوم « المجرة الرئيسية » تمتزج ذرات الهيدروجين ببعضها بطريقة يسميها الفلكيون حاليا « الطبخ الحرارى » لتكون الهيلوم . ونحن نلم ببعض المعرفة عن هـــذه الطريقـــة على الأرض فى « القنبلة الهيدروجينية » . وعندما تسخن درجة الكواكب ، حتى ١٠٠ مليون،

٢٠٠ مليون درجة مئوية ، مثلا — وهى درجة حرارة النجوم الحمراء العملاقة — تتحول ذرات الهليوم أساسا الى كربون ، أوكسجين ، ونيون . أما أسخن من ذلك — أى حتى ١٠٠٠ مليون درجة مئوية — فيتكون المغنسيوم ، السليكون ، الكبريت ، الأرجون ، والكالسيوم من الكربون والأوكسجين والنيون البسيطة . تظهر ذرات الحديد عند درجات حرارة أعلى من ذلك ، من ٢٠٠٠ الى ٥٠٠٠ مليون درجة مئوية .

وتتبع علماء الفيزيقا تأثيرات أكثر تعقيدا وهم يلاحظون الطبخ الحرارى ، ليس لذرات هيدروجين نقية تماما ، بل لهيدروجين مخلوط مع نسب بسيطة من الكربون والأوكسجين والنيون ، والحديد التى كانت قد أنتجت قبلا فى النجوم الموجودة . ومثل هذه التأثيرات كاختلاط القلب مع الغلاف فى « المرحلة الضخمة » فى التاريخ الطبيعى للنجوم يمكن ادراكها حاليا لتفسر تنوع الكيمياء المنتشرة التى نراها فى السماوات . وكل هذه الشواهد تقود الفلكيين اليوم ، تماما كما قادت البيولوجيين من قبلهم منذ مائة عام الى استنتاج أن ما يمكن مشاهدته فى السماوات وما يمكن استنتاجه من التركيب الكيميائى للنجوم يتضمن أن هناك تطورا يأخذ مجراه .

وقد أوضح أينشتين أن الكتلة يمكن أن تتحول الى الطاقة ، وأن الاثنين ، فى الواقع ، مجرد تعبيرين مختلفين عن نفس الشيء . وهناك محاولات رياضية وفيزيقية قوية مبنية على الملاحظات الفلكية الحديثة قادت الى نظرية « الخلق المستمر للمادة » . ومعدل الخلق ، تبعا لهذه الحسابات هو حوالى ذرة واحدة فقط من الهيدروجين فى القدم المكعب الواحد كل بضعة بلايين قليلة من السنين . وقد يبدو ذلك أنه بطيء وتافه ، ولكننا يجب أن نتذكر أن هناك متسعا من الوقت وعددا ضخما جدا من الأقدام المكعبة فى النظام الكونى .

وخطة النشوء الكونى — الخلق المستديم للهيدروجين وائتلاف كميات الغاز الطليقة على هيئة نجوم جديدة وظهور الهليوم أولا ثم العناصر الأخرى الأثقل بواسطة الانصهار النووى عندما ترتفع درجة الحرارة ويزداد الضغط ، والمرحلة الأخيرة المزدحمة للغاية بالنجوم الداكنة تماما — كل ذلك نظام متحرك

ومتقدم : نعد نحن والعلوم التى ندرسها جزءا فيه • وسأعود الى ذلك فيما بعد فى الفصل التاسع من الكتاب •

ونظرية النشوء لداروين ، التى نبعت منها فكرة أن الطبيعة ليست تنظيما ساكنا ، بل أن الحقائق التى نشاهدها كلها حولنا ، فى النجوم أو فى الكيمياء ، أو فى الكائنات الحية ، كلها جزء من نظام متحرك ، هذه النظرية ، بالرغم من أنها تتعلق بأشياء كثيرة حية وغير حية ، بنيت على آراء البشر ــ أعنى ، علينا نحن أنفسنا • وقد كتب توماس مالثوس المشهور ، كما نذكر ، كتابا جادل فيه بأن الشعوب الانسانية يمكن أن تتوقع لها أن تتزايد بأسرع من مصادر الغذاء الممكن الحصول عليه لمقومات حياتها • وقد قرىء هذا الكتاب فى كل مكان ونوقش بحرارة •

فى أكتوبر عام ١٨٣٨ ، كتب داروين فى ترجمته يقول « بعد أن بدأت بحثى المنتظم بخمسة عشر شهرا ، حدث أن قرأت على سبيل الترفيه كتاب مالثوس عن « الشعوب » ، ولما كنت مؤهلا تماما لتقدير الصراع على البقاء المستمر فى كل مكان من المشاهدة المستمرة طويلا من عادات الحيوانات والنباتات ، جاءت الفكرة على التو أنه تحت هذه الظروف بأن التغيرات الملائمة تنزع الى البقاء ، أما غير الملائمة فهى تنزع الى الفناء • وتكون نتيجة ذلك تكوين أنواع جديدة • ولكنى أغفلت فى هذا الوقت مشلكة واحدة ذات أهمية عظيمة ، ويدهشنى اذا ما استبعدت قاعدة كولومبس وبيضته ، كيف أنى أغفلت المشكلة وحلها • وهذه المشكلة هى اتجاه الكائنات العضوية المنحدرة من نفس العائلة الى التشعب فى السلوك عندما تحورت • وواضح أنها تشعبت كثيرا من الطريقة التى يمكن فيها تنسيق الأنواع من كل الأصناف فى فصائل ، والفصائل فى عائلات ، والعائلات فى قبائل ، وهلم جرا ؛ وأستطيع أن أتذكر نفس البقعة فى الطريق ، عندما كنت فى عربتى ، ساعة أن هزتنى الفرحة لتوصلى الى الحل » •

وكان الحل ، بالطبع ، أن هذه الأشكال المتحورة تصبح مهيأة لضغوط بيئة خاصة • وأمر هام لنا فى الوقت الحاضر ، مع ذلك ، أن داروين طالما قد ابتدأ بمالثوس ومشاكل الغذاء الانسانى ، والشعوب ، والسياسات • كان الواجب

عليه أن يبتدع نظرية تغطى كل علم الأحياء الذى امتـد الآن فى أساسه ليشمل كثيرا من العلم • ومع ذلك ، فان متضمنات مبادىء المنشوء لها ارتبـاطا خاص تماما بالجنس البشرى •

وعندما تطبق قاعدة داروين للنشوء على الانسان فهى تحـرك طريقـين البحث ــ أحدهما هو تقدير الحقـائق والآخـر هو الطريقـة التى تفسر بهـا الحقائق • وقد قادت هاتان الوجهتان عادة الى نهـايات مختلفـة تماما • اذ أشارت الحقائق فى العلوم غالبا الى غموض وتشابك للظواهر الطبيعيـة ، مع أن آراء رجال التعليم عنها عادة هو تحديد هذه المشاهدة على أنهـا كيمياء ، وتلك على أنها فيزيقا • وأنه فقط فى القرن العشرين الحالى أشـار اينشتين الى أن المشاهد نفسه قد كان له ــ علاقة بالمشاهدات التى قام بعملها •

وداروين ، كما ذكرت ، التقط فكرته عن النشوء فجأة بعد قراءته لمقـالة مالثوس عن « قواعد الشعوب » • فقد كتب أن هناك ثلاثة عوائق للشعوب ، الرذيلة ، الفقر ، وضبط النفس • وتتضمن قاعدة داروين للنشوء بقاء الأصلح• ما هى ، اذن ، الصفات الخاصة التى نمتلكها نحن شعوب العصر الحالى الذين بقوا بهذه العوائق على من سبقنا من شعوب •• ؟

والاجابة على هذا السؤال ، فيما نعرف ، حتى الآن ، اجابة طويلة تماما • مع أن فى البداية كانت الاجابات القصيرة هى السـائدة • وقد أدت تلك الى استنتاجات هائلة ، ربما كانت الآن أكثر نفعا كتحذير لئـلا نقـع فى خـدع مماثلة • وكبداية ، كل أول تفسير لنظرية داروين عند تطبيقها على الناس هو أن الأقوى والأغنى ، كان بالضرورة ، هو الاصلح • وباتباع هذا الاتجـاه فى الجـدال ، نستنتج أن الفقراء المعوزين هم الذين كانوا يموتون جوعا ، لأنهم بفقرهم وجوعهم أظهروا أنفسهم غير لائقـين بمجتمع تنافسى • ولم تنـاقش الحقيقة بأن هذا التعليل كان بمثابة تأكيد لسلوك طائش ومبـادىء منحطه • وكان ظهور نظرية النازى المفـزعة عن الجنس المتفـوق أو السـلالة الآرية السائدة ، الذين كانوا يجـادلون فى أن بعض السمو الفطـرى أو الليـاقة الخرافيين ، يمنحهم الحق فى السيادة على جنس الانسان ، يعد انتكاسا جديدا لتفكير كهذا •

ونبع اتجاه غريب آخر للتفكير ، لكنه لحسن الحظ أقل ايلاما ، عن النشوء عند تطبيقه على الانسان ، من ابتداع فرانسيس جالتون ، وهو قريب لداروين، لعلم تحسين النسل (١) • وواضح أن عقل الانسان هو الصفة الخاصة التى يمتلكها والتى رفعته فوق باقى الخلق الحيوانى • وتبعا لنظريات علم تحسين النسل ، كان يعد أن الانسان فى استطاعته أن يرتفع الى أعلى الشجرة البيولوجية بتصرفه الخاص ، اذا ما رتب عن قصد باستخدام عقله أن يتم برنامج تهجينه بتزاوج الرجال الممتازين تماما مع النساء الجميلات جدا • وقد اقترحت الين تيرى على برناردشو تمشيا مع هذه القواعد لعلم تحسين النسل أن يعملا مشتركين على انتاج طفل لكى يحرز حسنها وذكائه • ورفض برنارد شو الاقتراح بلباقة على أساس أن الجنين قد يحمل شكله ويمتلك ذكائها • وفى الواقع ، فان آراء جالتون عن علم تحسين النسل كانت مبنية على أسس لا بأس بها من الاحصائيات السليمة ، التى كان ملما الماما جيدا بمادتها (وقد كتب مرة ، بالفعل ، بحثا عن « التحقيقات الاحصائية عن الدعوات ») • اذ يبدو أن بعض الصفات وعلى سبيل المثال ، المقدرة الذهنية العالية ــ تكون وراثية • ويبدو أن ضعف قضية علم تحسين النسل هو ضعف مزدوج • فأولا ، نحن لا نمتلك المعلومات الكافية بعد كى تتمكن من تحديد الخواص الكثيرة المتشعبة التى تكون فى جملتها ما يمكن أن يسلم به أنه انسان جيد ، حتى اذا كان فى امكاننا التأكد من أن هذه الخواص يمكن أن تقوى وراثيا • وثانيا مع ذلك توجد اللامنطقية الأساسية فى التسليم بقواعد النشوء من حالة بدائية الى القمة الهائلة الممثلة بالانسان ، بينما فى الوقت نفسه تنكر أكثر الشعوب اخصابا ، الذين ببقائهم الأكيد يمكن القول بأنهم « الأصلح » •

وقد حاول عدد من الناس الاجابة على الاسئلة ، بماذا يدين مظهرنا الحالى لعملية النشوء المتغيرة وأى نمو يمكن أن تتوقعه فى المستقبل ؟ ولكن بالرغم من أن السؤال قد طرح بطرق عديدة وبالرغم من أن اجابات كثيرة مختلفة قد أعطيت ، فلم يكن أحدها مقنعا تماما • وذلك ، بالطبع ، ليس مدهشا • فلم يكن التنبؤ سهلا أو ممكنا الاعتماد عليه أبدا ، حتى فى العصر العلمى • ومع ذلك فان هناك تأملات معينة ، لها قيمتها •

---

(١) eugenics

والفكرة الجديدة التي يدور حولها العلم مبنية على فكرة أن أى فرض قد نستنتجه ليفسر أو ينظم مجموعة من المشاهدات يعد مجرد هيكل بناء مؤقت • فاذا لم تتلائم مشاهدة ما جديدة مع النظرية التى استحدثناها ، فلابد من تعديل النظرية عندئذ ، أو حتى الغائها • وقد أصبح استعمال فرض بهذه الكيفية فى هذه الأيام شيئا مقررا تماما فى العلم وظهر أنه مثمر للغاية • وابتداع الفرض ربما يعد فى المكان الأول عملا تحايليا • وهو عادة ما يأتى كلمحة من بديهه • وبالرغم من ذلك ، فلابد من أن يوضع دائما محل اختبار المشاهدة المباشرة أو التجربة المدبرة ، وهو لا يستحق الابقاء عليه ، الا عندما يجتاز فقط مثل هذه الاختبارات بنجاح • وحينذاك أيضا فهو يعانى فقط ، طالما تتكشف حقائق جديدة لا تتفق معه • وقد ظلت قوانين نيوتن للحركة سارية المفعول كفروض علمية لمدة ثلاثمائة عام تقريبا حتى عدلت أخيرا كنتيجة لحقائق جديدة وتفسيرات أحسن أوضحها اينشتين •

ولكن طريقتنا الحالية فى التفكير من المشاهدات التى نقوم بهـا فى العلم الطبيعى لم تكن مقبولة دائما • فان دراسات جاليليو قادته الى اسـتنتاج أن الأرض تدور حول الشمس ، ومع ذلك لم يستطع أن يتبنى هذه النظرية بصورة علنية لأنها اصطدمت بالفكرة المسلم بها وقتئـذ أن الأرض هى التى كانت فى مركز كل الاشياء • وبالمثل ظل كبلر متحيرا لفترة كبيرة فى المدار البيضـاوى للكواكب السيارة لأنه كان قد تعلم أن يسلم كبديهة واضحة بأن حركة مثل هذه الأجرام السماوية ، بدون ما حاجة الى نظـرية لابد وأن تكون دائرية • أمن العدل أن ندعى بأن التسليم بالموقف المرن حيال نظريات القرن السـابع عشر التى أمدتنا بتقدماتنا السريعة فى الادراك العلمى ، كان يمثل تقدما تطوريا فى الفكر الانسانى ؟ واذا كان هذا الارتقـاء تقدما تطـوريا فهـل نتوقع فى المستقبل أن نخطو الى الأمام مرة ثانية وننتج طريقـة جـديدة ومثمرة أكثر للتفكير ؟

ومن المهم قبل أن نتأمل هذا السؤال أن نراجع بايجاز تطور العقل كآلة • وكانت أكثر الطرق شيوعا التى استخدمت لايجاد المستويات الذهنية النسبية للمخلوقات عند مراحل مختلفة من التشابك التطورى هى دراسة الطريقة التى تتصرف بها عند مواجهة أنواع مختلفة من الألغاز • فالنملة مثلا ، لهـا روتين

معقد من السلوك ، ولكن هل يمكنها أن تفكر ؟ والاجابة هى أنه اذا كان على النملة أن تمضى ، فى طريقها الى مسكنها ، فى متاهة من ممرات ، كثير منها مسدود ، فهى تبدأ بعمل عديد من الأخطاء وكثيرا ما تتخذ انحناءات خاطئة تماما • وفى النهاية على أى حال ، بعد أن تكون قد سلكت طريقها للداخل مرارا بما فيه الكفاية ، تتعلم أن تمضى الى مسكنها دون الدخول فى أى من الطرق المغلقة • وعند المضى الى أعلى المقياس التطورى فان اختبار القوة العقلية باتخاذ مسألة اختراق المتاهة كقدرة يصبح بسيطا جدا • وبالنسبة للثدييات على سبيل المثال ، تعد المتاهة لختبارا غير ملائم • فالمسألة التعليمية لا تعين صفاتا كافية للعقل • ففى هذا النوع من التعليم فى الواقع يمكن للجرذان أن تتغلب على طلاب الجامعة ، وقد قامت بذلك ، بالفعل ، مرارا •

والاختبار التالى الأكثر دقة للمقدرة الذهنية هو أن نرى على أى مستوى يمكن لحيوان أن يفكر فى شىء غير موجود • فالاختبار العادى يكون بتدريب الحيوان على المضى خلال باب ضمن أبواب عديدة عند اضاءة النور على هذا الباب بالذات • وعندما يعلم الدرس التمهيدى ــ أى ، أن الطعام يمكن الحصول عليه بالسير خلال الباب المضاء ستفرض المحاولة الأكثر دهاء • فيسطع الضوء كسابق العهد على باب أو آخر من الأبواب المختلفة ــ ثم يطفأ بعد ذلك • وبعد فترة يطلق سراح الحيوان ، ويمكن للجرذان والكلاب عند وضعها فى هذا الاختبار أن تتذكر أى من الأبواب هو الذى كان مضاء اذا سمح لها فقط بأن تحفظ رؤوسها موجهة بثبات على المكان الذى كان فيه الضوء • وفى الجانب الآخر ، فالراكون(١) ، بما له من عقل أكثر تطورا ، يمكنه أن يخطو لأعلى وأسفل حتى يطلق سراحه ثم يتجه مباشرة الى الباب الصحيح • ولكنه يمكنه لمدة ٢٥ ثانية فقط أن يتذكر ما هو الباب الصحيح لأى اختبار بالذات •

والقردة والشمبانزى ، بالرغم من أنها أضعف وأقل شراسة من حيوانات أخرى كثيرة ، فهى تمتلك عقولا مضت فى المضمار التطورى بدرجة لم تصل اليها عقول أى مخلوق آخر غير الانسان ، وتستطيع الطيور أن تقوم بأعاجيب من الحركات البهلوانية الهوائية • ويمكنها أن تمسك الحشرات وهى طائرة

---

(١) حيوان من اللواحم (المترجم) .

بمهارة ليست لها نظير ، ويمكنها أن تطير بطريقة مدهشة نصف دوره حول العالم وتعود — ولكنها لا يمكنها أن تفكر وتعلل . ويمكن التعبير عن ذلك بلغة فنية بأنها تنقصها قوة الادراك . فالقدرات التى تمتلكها عبارة عن غرائز مكتسبة مشتقة من تكوينها الوراثى . ويمكن للقردة ، من ناحية أخرى ، أن تستعمل العقل . اذ يمكنها ببساطة أن تتذكر بابا مضيئا يشير الى وجود طعام. كما يمكنها أن تتذكر أى أنواع الطعام تبحث عنها . فالقرد اذا واجه مشكلة الوصول الى أصبع من الموز مثلا ، معلقا عاليا فى قفصه ، يمكنه أن يجد طريقة للحصول عليه حتى اذا تضمن ذلك تكديس صناديق فوق بعضها ليقف عليها ثم يطرح أصبع الموز أرضا بواسطة عصاة . وتروى قصة طريفة عن العالم النفسانى ولفجانج كوهلر الذى قام باعداد صناديق مختلفة وتركيبة أخرى رأى أن يجرى بوساطتها اختبار مقدرة شمبانزى على التفكير فى طريقة للوصول الى فاكهة معلقة على ارتفاع تسعة أقدام فى الهواء . وفكر الحيوان فيها وقدر حجم المشكلة . ثم سحب كوهلر من يده حيث قاده الى المكان الواقع مباشرة تحت أصبع الموز ، وقفز فوق كتفه حيث توصل اليها من هناك .

ولكن التطور ، بالرغم من أنه أوصل القردة الى درجة ملحوظة من الذكاء الا أنه قد توقف تماما عند درجة من القدرة بالغة الدقة ، وهى التى بوصول الانسان اليها تضعه فى مستوى جلى فائق السمو . اذ لا تستطيع عقول القردة أن تصل الى الأفكار المجردة . فعلى سبيل المثال ، يمكن أن يعلم القرد أن يملأ صفيحة بالماء من برميل ثم يأخذصفيحة الماء ويطفىء بها نارا حتى يمكنه أن يصل الى صندوق ويحصل على طعام . ولكن اذا حملت المجموعة كلها فوق طوف عائم فسيستمر الحيوان فى سحب مياهه من البرميل فقط . فهو لا يمكنه ادراك أن أى مياه ، يحصل عليها بسهولة أكثر مثلا ، من البركة التى يعوم فوقها الطوف ، ستطفىء النار بالمثل تماما . فالفكرة المجردة أن الماء يخمد النار أعلى من ادراكه .

والصفة الأساسية التى توضح أن الانسان قد تطور بعقله الى مستوى أعلى من عقول كل الحيوانات الأخرى هى فى مقدرته على الكلام . فالفكرة المجردة أنه يمكن لكلمة ، وهى مزيج من الأصوات ، أن تمنح معنى ثابتا وهو ما تنم عنه حيثما استعملت ، وأن هذا المعنى يمكن أن ينقل من شخص لآخر ،

وكما لو أنه يتداول للاستعمال ، فى أى وقت ، يمكن ادراكها فقط بواسطة العقل البشرى • وقد قام كيث هايز وزوجته أثناء عملهم بأمريكا فى معامل « يركز » لبيولوجيا الأحياء العليا بتربية أنثى الشمبانزى تماما كما لو كانت طفلا بشريا • وقد نما ذكاؤها للعام أو العامين الأولين تماما كما لو أنها وليد بشرى ، عدا أنها كانت أسرع فى التعلم وأذكى بالفعل من الطفل • ولكن عند النقطة بالضبط التى يبدأ فيها الطفل فى تعلم الكلام والتى يبدأ منها فصاعدا نمو القدرات وميول الطفل الحى المختلفة واحدة بعد الأخرى ، وقفت الشمبانزى عاجزة • وقد تعلمت شمبانزى هايز أن تحدث صوتا مثل « ماما » وآخر مثل « بابا » وثالثا لا يختلف كثيرا عن « فنجان » ولكن هذه الأصوات كانت لا تنقل أى معنى بالنسبة للحيوان نفسه أكثر مما يحمله النباح الذى تعلم الكلب أن يحدثه عند ما يجلس على عجزه ويؤمر بالكلام • وبالطبع لم يدرك عقل الشمبانزى فكرة أن الصوت « ماما » كان يقصد به أن يشير الى السيدة هايز ، ولم تفكر بالمرة خلال قرن كامل أن تستخدم الصوت فى نقل هذا المعنى الى شمبانزى آخر •

وتطور عقل قادر على الأفكار المجردة ممثلة بالكلام كان بدون شك الخطوة التى رفعتنا الى المستوى الذى أمكننا عنده أن نجمع الحقائق والمشاهدات التى وضعت سويا لتكوين العلوم التى نناقشها فى هذا الكتاب • ولكن اللغات المرنة المتناهية فى الدقة التى نستخدمها اليوم لنقل الأفكار والآراء المعقدة التى تعودنا أن نتداولها لم تتطور فى قفزة وحدة • ولما كان الأمر كذلك ، فليس من المستحيل تصور أن لغة أخرى ربما تكون أكثر تأثيرا قد تنشأ فى مرحلة متأخرة نوعا فى التاريخ لا تزال بعيدة عنا • وقد تكون تلك ذات أهمية أساسية أكثر مما قد يعتقد الانسان لأول وهلة • فاللغة والكلام ليست فحسب العربة التى تنقل بواسطتها الأفكار والآراء • فأى لغة تضفى من ذاتها تأثيرا قويا على طبيعة الرأى الذى يجرى توصيله •

وقد اشار ب • ل • ورف الى أن المعنى الفلسفى الأساسى العام لطبيعة الكون ينقل بواسطة قواعد وأصول اللغة التى تستعمل للتعبير عنه • ففى قصص دامون رينون كان كل شىء يعبر عنه فى الزمن الحاضر « المضارع » • فكان يقول مثلا « حول حوالى ثلاثة أجراس أقف فى الصباح خارج مطعم

مندى فى برودواى عندما يحضر الى فتى يدعى فيتس صامويلز » • والقصص مسلية وقوية التركيب ولكن ينقصها العمق والجاذبية لأن الفكرة القاطعة بأن شخصياتها ليس لها ماض أبدا أو أنها لا تتطلع أبدا الى مستقبل سواء حزين أو سعيد ، تكون ناقصة •

وكما يقولها شعب اكسفورد ، « يسألونك فى اكسفورد ماذا تفكر ؟ بينما يسألونك فى كامبردج ماذا تعرف ، وفى أدنبره فهم يسألونك ماذا علمك الأستاذ » • وأشعر بأن هذه العبارة المقتبسة لها صلة مباشرة بالنقطة التى ناقشها — بالتحديد ، الطرق التى يتطور بواسطتها العلم • فتقدم العلم يعتمد مبدئيا على القدرة الذهنية لعقول العلماء — أى على كفاءة العضو الذى يحملونه فى رؤوسهم • وواضح تماما أن هذه مسألة تطور بيولوجى • فعقل الانسان يورث عن والديه ، ويعتمد حجمه وقوته كآلة مفكرة على جيناتها تماما كما هو الحال بالنسبة لقوامه ولون عينيه • وبالضبط كما أن حجم العقل البشرى وتركيبه المعقد يعلوان على ما لعقل أى حيوان آخر ، فمن الممكن أن تتصور أنه قد تحدث طفرة مناسبة — ربما تكون فى قرن من الزمان ، وربما فى مليون عام — تزيد من حجم عقل الجنس البشرى أكثر من ذلك •

ومن ناحية أخرى ، قد لا يحدث أبدا مثل هذا التغير الوراثى تماما • ولكن حتى اذا لم يحدث ذلك فلا يشترط أن تظل الأمور على ما هى عليه • « ففى كامبردج يسألونك ماذا تعرف » • ولم يكن شكسبير يعرف مثلا كيف يطير • ولم يكن علينا أن ننتظر ، مع ذلك ، حتى تنتج لنا طفرات التطور بانسيابها البطىء البارد رجالا بأجنحة • وعقولنا ليست أكثر تقدما من عقل شكسبير ، وأذرعتنا ليست بالطبع أقوى ، وليس بها من ريش أكثر • ولكن لأننا نعرف أكثر مما عرف شكسبير ، فنحن الآن قادرين على صنع آلة نستطيع أن نطير فيها • فلأننا نمتلك عقولا قادرة على التعامل مع الأفكار المجردة للكلام والكتابة والتى نستطيع بواسطتها أن نختزن هذه الآراء طويلا لاستخدامها فيما بعد ، وللرياضة الفيزيقا وكل العلوم الطبيعية — لأننا يمكننا أن نقوم بكل ذلك ، يبدو غالبا كما لو أن بامكاننا استعمال رؤوسنا لكى نعجل التطور بمشيئتنا •

وقد تمكننا معرفتنا الحالية ، من انجاز أشياء كالطيران والسفر تحت الماء ، والتجول فى الظلام كالخفافيش بدون التخبط فى الأشياء باستخدام الردار ، ولكنه أيضا يسمح لنا بتكييف أنفسنا لملائمة بيئتنا . فليس علينا أن نطور نوعا من الانسان ذى فراء سميك ليعيش فى النرويج ، أو آخر ذى مقاومة خاصة للحرارة ليحفر آبار الزيت فى الصحراء الكبرى . اذ يمكننا أن نحصل بفضل ما نعرف على تدفئة مركزية فى الشمال وتكييف للهواء على خط الاستواء .

ولكن فى جامعة أدنبرج ، اذا تابعنا عبارتى المقتبسة حتى نهايتها المريرة ، فهم يسألونك ماذا علمك الأستاذ . وفى أى مجتمع من المخلوقات ، سواء كان من ذباب الفاكهة ، أو من خنازير هندى ، أو من بشر ، بالرغم من أنه توجد درجة عالية من الانتظام الوراثى ، فهناك أيضا فى نفس الوقت طيف من التحصيل والمقدرة . وكما ذكرت قبلا ، فبجانب تحكم الجينات فى عوامل محددة كلون العينين ، الحساسية للاستعداد الوراثى للنزف الدموى (مرض النزف) ، أو شفة علوية طويلة كتلك التى للملوك وملكات هابسبرج ، فهى تؤثر أيضا فى فروق بسيطة مثل التدرجات فى الطول أو القصر . ولذا فاننا نجد فى مجتمع ما ، أفرادا ذوى مقدرة ذهنية فائقة من ناحية ـ هؤلاء هم الرجال والنساء الأمجاد من الدرجة الأولى ـ بينما يوجد من ناحية أخرى قوم أغبياء جدا . وقد وجه الانتباه العام فى احدى المناسبات الشهيرة الى هذه الحالة من الأمور فى خطاب لجريدة التيمس يحتوى العبارة التالية الجديرة بالاعتبار . « قد يفزع قراؤكم أن يعلموا أن مقدار النصف من تلاميذ المدارس فى منطقة لندن حاصل ذكائهم أقل من المتوسط » . والغرض الذى أريد أن أصل اليه ، مهما كان ، هو أن الفرد الذى يمتلك ما قد نسميه « ذكاءا متوسطا » يمكن أن يعلم قدرا معينا فقط .

فلم يكن شكسبير يعلم شيئا عن الفيزيقا النووية ولكنه ، اذا كان حيا اليوم ، كان بامكانه أن يتعلم بسهولة بقدر ما استطاع الرجل التالى له : اسحق نيوتن الذى كان جاهلا أيضا بميكانيكيات الكم ولكنه اذا كان هنا اليوم لأدرك على الفور مناقشات نيلز بور فور أن قام بها ، وغالبا ما كان سيساعده طبعا فى الوصول الى تقدمات أبعد لم تتم بعد .

ويستطع الرجل الحديث أن يبنى على الأفكار التى ابتدعها أسلافه ودونوها . ومعدل تقدمه سريع ، لأن كل ما سبق قبل ذلك موجود ليتعلمه . وواضح أنه كلما يمر جيل تتواجد أجزاء جديدة من المعرفة للتعلم . وتلك هى النقطة . فنحن نمتلك عقولا قادرة على تداول كمية كبيرة ، ولكن هناك حدا لما يستطيع العقل الحالى للانسان ادراكه . فأنت لا تستطيع أن تعلم البقرة العزف على الكمان . كما لا تستطيع أن تعلم بليدا ثقيل الفهم ليستوعب نظرية اينشتين للنسبية . وقد نستنتج أيضا أن هناك أفكارا لا يمكن أن تعلم حتى لشخص كاينشتين . وقد يلزمنا لهذه أن ننتظر الخطوة التالية للأمام فى التطور البيولوجى للعقل البشرى ، لو تحدث هذه فى وقت ما .

وقد بين سير جوليان هكسلى أنه منذ ٣٠٠٠ مليون سنة كانت الأسماك هى الحيوانات الوحيدة التى لها سلاسل فقارية فلم يكن هناك فقريات أرضية . وبعد ذلك بنحو ٧٠ مليون سنة ، انتشرت الزواحف ــ الديناصورات والتماسيح والأخصوريات وأفعوانات البحر والبلصوريات ، والسحالف . ثم بعد أكثر من ١٠٠ مليون سنة من هذه ، ظهرت الطيور والحيوانات الثدية . وظل العالم فترة ٦٠ مليون سنة يحوى حيوانات وطيور العصر الحيوانى الحديث (السينوزووى) الى أن انتهت بالعصر الجليدى . وأخيرا جاء الانسان . والسؤال الذى يطرحه هكسلى هو ما اذا كان من المعقول لنا أن نأمل فى أى تحسن بيولوجى أكثر من الانسان كفصيلة حيوانية ؟ فقد كان النمل منذ ٣٥ مليون سنة ناضجا بنفس القدر الذى هو عليه الآن . ولم تظهر الطيور أى تحسن كآلة طائرة فى العشرين أو الثلاثين مليون سنة الأخيرة . ويرى أننا أيضا ، ربما ، نكون قد أصبحنا مستقرين بيولوجيا .

هل يمكننا اذن أن نجادل فى أنه حتى اذا كان الانسان كحيوان ذى عقل ، مهما كان كبيرا ، ولكنه ذا حجم معين فقط ، قد أصبح مستقرا ، تؤخذ حقيقة على أنه يستطيع نقل الأفكار والتجارب على أنها عملية جديدة للوراثة ؟ فأى حيوان ثديى آخر لابد له لكى يطير أن يرث عن والديه الاستعداد لوجود أصابع طويلة بينها غشاء جلدى ــ كالخفاش ، على الأقل . ونحن ، على العكس ، يجب أن نرث الكتب والتصميمات الموصوف فيها طريقة عمل طائرة . ولأن التجربة المنقولة بهذه الطريقة تتجمع وتتراكم ، فان معدل التغير يصبح أسرع

وأسرع . وعصرنا الحالى ، فى نهاية هذا الخط الطويل من تجميع الأفكار ، يعد تقريبا أول عصر نظمت فيه كل الدول نفسها عمدا لتوسع وتستخدم المعرفة العلمية والتكنولوجية .

وأحسن ما يمكن أن توصف به فترة التطور التى علم فيها الانسان نفسه بمجهوداته الخاصة هى أنها تطور اجتماعى أكثر منها تطور بيولوجى . وعبارة « تطور اجتماعى » ليست تعبيرا موفقا تماما ، لأن التغيرات فى التحصيلات للأنواع تعتمد غالبا على القدرات الذهنية للبشر النابعة من تركيب العقل البشرى وعلى الاستعمال الذى يقوم به الناس لمنتجات عقولهم . وستؤدى الغرض لأن النتائج التطورية عدلت فقط باستخدام التنظيمات الاجتماعية . فمقدرتنا على الطيران تأتى من تقدم علوم الملاحة الجوية . بالرغم من ذلك ، فالطائرات لا يمكن أن تصنع الا فى بلاد منظمة على هيئة مجتمعات صناعية . والتغيرات العميقة فى المجتمع الغربى نتيجة للاستخدام المتزايد للآلية تعتمد بالمثل على التنظيم الاجتماعى . وفى العالم الجديد للآلية عندما نغتنى اقتصاديا ــ تماما ، كما لو أن جميعنا قد كسبنا جوائز فى مراهنات كرة القدم ــ لا نحتاج لأن نقضى الا نسبة بسيطة من وقتنا فى المصانع والمكاتب ، سوف يعتمد العمل على توافر كميات كبيرة من رأس المال . وهذه الثروة المجمعة ظاهرة اجتماعية .

ولكن بالرغم من أن التطور الاجتماعى الذى يمضى سريعا بدرجة تمكننا بالفعل أن نراه يحدث نتيجة عن المخ أكثر من كونه ناتجا عن علم الأحياء ، فهو مع ذلك يعد تطورا . وأساس التطور هو البقاء للأصلح . وذلك يثير مسألة معقدة . ودعنى أقتبس ما اضطر أن يقوله البروفسور الراحل جواد عن ذلك :

« لماذا يستمر التطور ، ويستمر ليعقد تركيبنا بهذه الدرجة غير اللازمة حتى أنه ، بدلا من أن نصبح أكثر ملاءمة لبيئتنا الطبيعية عما تعودنا ، فقد نصبح أقل ؟ ودرجة الملاءمة التى ، من الوجهة الطبيعية الخالصة فقط ، قد تخجل الانسان العادى قد تم للكائنات الحية انجازها منذ آلاف السنين . والاستنتاج الحتمى ، هو أن تحصيل الحياة لمجرد الملاءمة ليس كافيا ، بل أن الكائنات الحية تتطور عندمستويات أكثر تعقيدا وبالتالى أكبر خطرا،سعيا وراء الحصول على صور

أرقى للحياة ، فقد حل الانسان محل الأميبا ليس لأن الانسان مهيأ أفضل للحياة ، ولكن لأنه نوع أحسن للحياة » .

وحالما نتكلم عن « نوع أحسن » فى سياق الكلام عن الحقائق العلمية للتطور فاننا نقدم عاملا جديدا لا يتعامل معه العلم بصفة عامة . ذاك هو تضمين القيمة ، أن نوعا من المخلوقات أحسن من الآخر ـ بالاختصار ، أن نوعا من الحياة ، بكل سجايا سلوكه ومقدرته الذهنية ، عند مستوى أعلى من غيره ، كيفما حددنا مقاييس الجيد والردىء . وليس عند العلوم ، لا فى الفيزيقا ، أو الكيمياء ، أو حتى الأحياء ، بالفعل ، شيئا لتقوله عن القيم الأخلاقية . فقد أوصلت قاعدة « البقاء للأصلح » المخلوقات الحية عن طريق قواعد النشوء من أبسط صور الحياة الحية ، خلال المراحل المختلفة للتقدم الحيوانى حتى الانسان الأول ، الضيق الجبهة الذى كان يقوم بتشكيل الآلات الحجرية فى كهف . وقد وصفت حياة هؤلاء الناس على أنها « كريهة ، وحشية ، وقصيرة » . وقد قطعنا شوطا طويلا منذ ذلك الحين . فقد تقدم أغنياء الأوروبيون فى ألف سنة قصيرة من سكنى القلاع الى قاعة الاستقبال المهذبة المتمدنة . واليوم أوصلنا التقدم المتراكم فى المعرفة العلمية الى حافة أعظم الانجازات المتقدمة كلها .

فالتطور فى العلوم قد أصبح بعد جزءا من النوع الجديد من « التطور الاجتماعى » المشتق من الطاقة الذهنية للناس . ولم يكن هناك أى دليل ، كيفما كان ، على أن عقول الناس قد نمت خلال هذه الفترة . فقد عرف أينشتين أكثر مما عرف نيوتن لأنه أمكنه أن يقرأ ما كتبه نيوتن مع أن مقدرته الذهنية كانت من نفس الدرجة . وقد يكون من الصعب أن نجادل . فيما يختص بهذا الأمر ، أن نيوتن كان له عقل أفضل من « أرسطو » .

وقد أشرت فى أوائل هذا الفصل الى احتمال ـ ولا يمكن أن يقال أكثر من ذلك ـ أن المعرفة العلمية قد تمكننا يوما من الأيام من ترتيب طفرة مناسبة حتى تنتج انسانا ، اذا ما أتيح لنا أن نستطرد فى التفكير ، له عقل أكبر وأحسن مما يمتلكه الآن نوع بنى الانسان . وفى الواقع ، ليس هناك احتمال لأن يصبح هذا ممكنا ـ على الأقل فى المستقبل الممكن التنبؤ به .

فالنموذج الوراثى الذى يزود عن طريق كل فرد منا بالصفات المختلطة

لأسلافا يعطى الى الخلية المخصبة التى نشأنا منها على هيئة جزىء من حامض الدى أوكسى ريبونيو كليك (د • ن • أ) • والمشكلة التى يجب حلها هو أن نجد الجزء من هذا الجزىء الذى يؤدى الى تكوين العقل ونكتشف كيف يمكن أن يعدل بصورة نافعة • ولكن هنـــا مما قاله البروفســـور شارجاف عن كيمياء الـ (د • ن • أ) •

حامض دى أوكسى ريبونيوكليك المـــكون من ١٠٫٠٠٠ نويهـــة (الوزن الجزيئى ٣ × $١٠^{٦}$) يمكن أن يوجـــد فى أكثر من $١٠^{٨٠٠٠}$ أيسومر(١) • ومـــع الافتراض المسلم بأنه مبسط أكثر من اللازم ، فهو يتكون من بقع من نوع واحد من ثالث النويهات ، أى أدينين ــ أدينين ــ أدينين • • الخ ، وينخفض الرقم للأيسومرات التبادلية من $١٠^{٨٠٠٠}$ الى $١٠^{٢٠٠٠}$ • ولكنك ستوافق مع ذلك أن الحوامض النووية قد تحتوى ، فى تتابعها ، على عدد كاف من الوثائق لتزويد العالم بالمعلومات •

ولكن ، هل لدينا الذكاء الكافى لنقرأ المعلومات المقدمة لنا بهـــذا النمط ؟ لم يحن الوقت ، على أى حال • فهناك ناس يعانون من الدوار عنـــد مراقبتهم لدرب التبانة(٢) لمدة طويلة فى ليلة صافية •، ولا يجب لمثل هؤلاء الناس أن ينظروا الى نواة الخلية • اذ لا يمكن أن توجد هذه الكثرة فى مكان بهذا الصغر وفوق مدى تمييزنا ، لم ينته بعد هذا العالم المتناهى فى الصغر ، بل تبدأ هناك مهرجانات من الغموض • ولا أزال أقول لهؤلاء الذين يجيئون بعدنا : قطعا ستعلمون !••

ويعنى ذلك فى لغة واضحة أننا نعرف شكل المـــادة الكيميائية التى تحكم الوراثة • فهى ، فى الواقع ، على هيئة صورة منمقة قادرة على التجمع بعشرة آلاف مليون مضروبة فى عشرة آلاف مليون مائتى مرة من الطرق المختلفة وعلينا بعد ، أن ننتقى التصميم الصحيح من ضمن كل هذا العدد الهائل من الاحتمالات ، وما أن نفعل ذلك ، فان علينا حينئذ أن نكتشف كيف نغير الصورة الكيميائية حتى نحصل على النتيجة التى نريدها •

---

(١) الأيسومر هو أيسوثوب مشـــار الى منســـوب طاقة أعلى من المنســـوب الصفرى (المترجم) •

(٢) Milky Way

الفصل السابع

العقل كآلة الكترونية

« ليس هناك شيء جيد أو رديء ، ولكن التفكير هو ما يجعله كذلك » ، كتب ذلك شكسبير ، وبذا نسب المادة الأخلاقية ، جيد ورديء ، للعقل . وهذا مجال متسع من القيم الانسانية التى لا أرى أن نناقشه الآن . فالذى أود اعتبـاره ، على أى حال ،هو طبيعة العقل ، العضو الذى فاق الانســان بواسطته كل باقى الخلق البيولوجى ، والذى بواسطته وصل خلال عملية التطور الى المرحلة الحالية من كونه النوع الوحيد من المخلوقات على الأرض القادر على تسجيل وتجميع المعلومات ، والقادر على توصيل المعلومات الى أجيال قادمة لم تولد بعد ، والقادر على المستويات العالية من التعليل . وخـلال هذه المستويات الأعلى من التفكير توجد العلوم التى كنا تتأملها فى هذه الأجزاء من الكتاب . أى نوع من الأعضاء يكون العقل البشرى ؟ . وماذا نعرف عن نظامه الآلى ؟ .

وقبل أن نتأمل عمل العقل ، الذى يعد تركيبا معقدا ومتشابكا ، من المهم أن نتأمل الانسان الآلى الذى ، بينما يبدو أنه معقد ، فهو أبسط من العقل البشرى بدرجة لا نهائية ، بالرغم من وجود بعض أوجه الشبه بينهما . فالآلات الحاسبة الحديثة ذات الأغراض العامة يمكن تهيئتها لتؤدى أشياء هائلة . فتعليم مثل هذه الآلة كيف تلعب لعبة الأصفار والصلبان يعد شيئا تافها بالنسبة لها . فهى عندما «تعرف» القواعد فستكسب دائما أو تتعادل ، ولكن لن تخسر أبدا . والشطرنج، الذى يعد لعبة أكثر تعقيدا تماما ، يمكن أن يلعب بواسطة آلة حاسبة ، ولكن تزويدها فى بادىء الأمر بجميع المعلومات التى تحتاجها عن النقلات عملية شاقة تماما . وواقع الأمر ، كما أعلم حتى الآن ، أنه لم يتم وضع منهاج لأية آلة حاسبة

ليكون فى استطاعتها أن تلعب دورا كاملا ، ولكنها جهزت لترى ثلاث نقلات للامام. ولسوء الحظ ، مهما كان ، فبالرغم من أن الآلات الحاسبة الألكترونية الحديثة تعمل بسرعة كبيرة ، فانها يمكن أن تهزم فى الشطرنـج بعامل الزمن . والسبب فى أنها تلعب أبطأ من لاعب بشرى من الطراز الأول ، أنها قبل أداء النقلة ، لا بد أن تجرب فى « رأسها » ، اذا ما أمكن استعمال هذا التعبير ، كل النقلات الممكنة الموجـودة .

وكان أول شخص نجح فعلا فى تصميم آلة حاسبة فى امكانها التعامل مـع مشاكل على درجة عالية من التعقيد تكفى لأن تعتبر أنها تتطلب « تفكيرا حقيقيا » هو شارلز بابادج ، الذى كان أستاذا للرياضيات فى كامبردج منذ مائة سنة ، من عام ١٨٢٨ حتى عام ١٨٣٩ . ولم تصنع أبدا بالفعل ، آلة بابادج التحليلية ، كما أسماها ، لكن كثيرا من الأفكار فيها كانت حديثة بدرجة مدهشة ، واستعمل بعض منها فعلا فى آلة هارفارد مارك الثانى الحاسبة المصممة عام ١٩٤٨ .

وقبل أن نصف بتفصيل أكثر ما هى بالفعل الآلات الحاسبة ذات الأغراض العامة ــ المســماة « بالعقول الألكترونية » ــ وما فى استطاعتها أن تعمله ، من المفيد أن نردد ما كتبته السيدة لفلاس فى أربعينات القرن الماضى عندما وصفت أفكار بابادج . « ان الآلة التحليلية ليس لها ادعاءات كيفما كان لابتداع أى شىء. فبامكانها أن تقوم بما نعرف كيف نأمرها بأدائه » . ويعنى ذلك أنه عندما تبدأ الآلة فى حل مشكلة ــ أى عندما تبدأ فى التفكير فيها ــ يمكنها فقط أن تؤدى ذلك فى حدود القواعد والظروف التى بنيت فيها . أو فى قول آخـر أن الماكينة يمكنها أن تعمل فى حدود «تعليمها» فقط . فمثلا اذا كانت مصممة على أن تلعب دورا من لعبة الأصفار والصلبان، فان تعليمها يهيؤها للأصفار والصلبان فقط ولا شىء غير ذلك . وفى الجانب الآخر ، فاللاعب البشرى، بالرغم من أنه لا يستطيع أن يلعب أحسن من الماكينة عندما يضع بالفعل الأصفار هنا والصلبان هناك ، فهو عند ملاعبته خصما بشريا ، قد يفكر فى بعض طرق أو حيل اللعب التى قد يكسب بواسطتها الدور . فقد يكلم خصـمه خارج اللعب أو يعرض عليه شـيئا ليشربه فى لحظة حرجه ، أو يشتت انتباهه بطريقة ما . وهناك ، كما سأحاول أن أبين ، عددا من الوجهات يتشابه فيها أداء الآلة الميكانيكية مع العقل البشرى . ولكن الانسان لديه تعليم

أكثر اتساعا من الآلة . أو ، للتعبير عن ذلك بلغة فنية سارية ، فان تخطيط الآلة الحاسبة ، بالرغم من أنه قد يبدو معقدا فى بعض الأحيان ، فهو دائما أبسط بكثير من ذلك الخاص بالعقل البشرى .

وكانت آلة بابادج الحاسبة ـ التى أتم نصفها بالمصادفة فى جنوب كنسنجتن بلندن ، والتى وصفت بعد موته بقليل ، بأنها آلة جميلة تؤدى عملها بدقة أكيدة لكنها عديمة الفائدة ـ تتكون من ثلاثة أجزاء . فكان الجزء الأول « مخزن » يمكن أن تجمع فيه المعلومات الحسابية . والقسم الثانى أسماه بابادج « طاحونة » وكانت تؤدى فيه الحسابات المفردة . والقسم الثالث الجوهرى من الآلة الحاسبة كان « وحدة التحكم » . وكان ذلك يحدد الترتيب الذى يجب أن تؤدى به سلسلة العمليات . وتتبع قاعدة هذا الترتيب فى الآلات الحاسبة الالكترونية الحديثة . وبالنسبة لهذا الأمر ، فالمراحل الثلاثة فى الآلة الحاسبة تشبه كثيرا تلك التى نستعملها فى اجراء الحسابات فى رأسنا . ففى التعامل مع مسألة حسابية ـ على سبيل المثال ، «هل يمكن شراء دستة من القمصان يتكلف كل منها ١٧ شلنا، ٦ بنسات اذا كان معى عشرة جنيهات فقط فى جيبى » ؟ ـ فأول جزء من العملية هو تذكر الحقائق . وبالتالى ، يمكنك استعمال قلم وقطعة من الورق لتخزين الحقائق جانبا أكثر أمانا بكتابة ثمن كل قميص ، والعدد الذى تنوى شراءه ، وكمية النقود التى فى جيبك لتشتريها منها . والمرحلة التالية هى « الطاحونة » ـ أى ناتج أداء عملية الضرب . والعملية النهائية هى الترتيب لتنفيذ البرنامج ، الذى يتطلب أنه بعد ضرب ١٧ شلن ، ٦ بنسات فى الرقم ١٢ يطرح الناتج من ٢٠٠ شلن .

وقد نجح بابادج فى أداء هذه العملية الذهنية بطريقة ميكانيكية . «فمخزنه» كان مجهزا ليستطيع حفظ ١٠٠٠ عدد كل منها ذو خمسين رقما عشريا . أما « طاحونته » ، التى كانت الجزء من الآلة الذى بنى بالفعل بعد وفاته بواسطة ابنه هـ . ب . بابادج ، فكانت تعمل على مقياس من ١٠ ويمكنها أن تجمع أعدادا بها ٢٩ رقما عشريا ، واذا لزم ، فستنقل المجموع الحسابى لـ ٢٩ جزء عشرى الى ما بعده فى نفس الوقت ـ وهو تحصيل مدهش اذا اعتبرنا أن ذلك يؤدى بطريقة ميكانيكية ، وليس بالطرق الالكترونية ، كما فى الآلات الحديثة . ويمكن لآلة بابادج الحاسبة أن تقوم بأداء ستين من عمليات الجمع الكاملة هذه فى دقيقة ،

وبجانب ذلك يمكنها أن تضرب عددين من ٨٠ رقما عشريا فى بعضهما ، أو تقسم عددا ذا مائة رقم عشرى على آخر ذى خمسين رقم عشرى .

أما مسألة تنظيم منهاج العمل فكانت تتم فى «وحدة التحكم» باستعمال نماذج مثقبة على مجموعة من الورق ، شبيهة نوعا بتلك المستخدمة للتحكم فى نول جاكارد للنسيج الميكانيكى للأقمشة المنقوشة . فكانت هناك مكابس تمر خلال الثقوب الموجودة فى الورق تعمل لتشغيل التركيب الآلى لانتقاء الأرقام من المخزن لنقلها الى الطاحونة حيث تجرى الحسابات . وكان فى امكان وحدة التحكم هذه أن تعمل فى وجهتين من الحساب أخذتا قسطا كبيرا من العناية فى وقتنا نحن ، واستنفذت مائة سنة بعد ذلك الوقت . أولهما ، أن اختيار الأوراق المتحكمة فى أداء الآلة ، بالرغم من أنه كان يحدث عادة بالترتيب ، يمكن تغييره بواسطة الآلة نفسها حيثما يمضى تسلسل العمليات . أى أن الآلة تبدى درجة من « التحكم » أو « التمييز » . والوجهة الثانية من نظام التحكم التى ظهرت مرة أخرى فى الآلات الحاسبة الحديثة كانت ترتيبا للتعامل مع الطبيعة المتكررة لكثير من الحسابات المتسدة . فكان ذلك يدبر بتنظيم « دورات الدورات » هذه كعمليات مفردة .

وعلى الرغم من أن باباج منذ مائة عام قد فسر بنجاح القواعد التى يمكن بها اتمام صنع الآلة الحاسبة — أى أنه قد فكر كيف يمكن لآلة ميكانيكية أن «تضع اثنين واثنين سويا » ، ليس فقط فى المعنى اللغوى للعبارة ، بل أيضا فى مضمونها الرقمى بتمكينها عن طريق « وحدة التحكم » المثقبة الخاصة بها أن تنظم ترتيبا للعمليات — فقد كان من المستحيل له أن يجعل نظامه الآلى يعمل فعلا ، لنفس حقيقة أنه كان يعتمد على قوة ميكانيكية . وأنه فقط عندما توافرت الأجهزة الألكترونية بعد مائة عام فى عهدنا أمكن تحقيق فكرة الآلة الحاسبة ذات الأغراض العامة فى الناحية العملية .

وقد أعطت الأجهزة الألكترونية فوائد عديدة فائقة القيمة . فأولا ، تفادت الحاجة الى عدد كبير جدا من الأجزاء المتحركة . وثانيا ، مكنت الاشارات من أن ترسل بسرعة عالية جدا ، وسمحت ثالثا بتخزين كميات كبيرة جدا من المعلومات فى شكل ملائم بصورة خاصة جاهزة للاستعمال فى الحال . وكانت احدى الطرق

لتخزين هذه الكميات الضخمة من الأرقام أن يحصل عليها كبقع ممغنطة موضوعة حول سطح برميل يدور ، بطريقة تماثل تلك التى تحفظ بها قطعة الموسيقى فى أخاديد الأسطوانة الفونوغرافية القديمة • وبجانب أنها تخزن على برميل ممغنط ، يمكن أن تثبت الأرقام على سلك ممغنط أو شريط معدنى كما هو مستخدم فى شريط آلة التسجيل • وتستخدم أنواع أخرى من التخزين شحنات كهرواستاتيكية محفوظة فى أنابيب ألكترونية خاصة • وقد استخدم البروفسور وليامز ، بجامعة مانشستر ، أنابيب أشعة الكاثود القياسية ، كتلك الموجودة فى أجهزة التليفزيون ، التى تبدو عليها الشحنات على هيئة خطوط متوازية • وحقيقة أن الأداء الألكترونى فى الآلة الحاسبة الحديثة يعد فى وجهات كثيرة مشابها للكيفية التى تخزن بها المعلومات ، وتستعمل ، وتنقل فى رأس بشرى حى ، هذه الحقيقة لها دلالة خاصة لما سنتناوله فيما بعد •

وانه من الصعب فى هذا المكان أن ندخل فى تفاصيل أكثر عن تركيب الآلة الحاسبة الألكترونية والطريقة التى تعمل بها • فكمية التفصيل وتنوع الأشياء التى يمكن أن يطلب من الآلة الحاسبة أن تقوم بها مسألة مالية لدرجة كبيرة ، فاذا كان المطلوب من الآلة أن تقوم بأداء عمليات أكثر تعقيدا ، لا بد للانسان أن يشترى « معدات » أكثر لتمكنها من أدائها • فمثلا ، أوضح البروفسور فينر من معهد ماساشوستس التكنولوجى فى مناقشة لرياضيات آلة لعب الشطرنج الألكترونية ، كما ذكرت سابقا ، أن عددا من الآلات الحاسبة الموجودة يمكن أن تجهز لتتمشى مع التنقلات ، ويمكن أيضا أن تزود بخزين من المعلومات يجعلها قادرة على التعامل مع كل حالة ثلاث نقلات للأمام • ولكن بقليل من العناية ، يمكن أن تجهز آلة أكثر دقة فى الصنع بوحدة « ذاكره » تستطيع أن تخزن فيها على شريط كل دور لعبته • وبالتالى ، فلكل دور جديد يمكنها أن تبحث ألكترونيا فى « ذاكرتها » عن الموقف المناسب الذى أحرزت فيه كسبا من قبل •

والشطرنج مجرد حالة خاصة تتيح فيه مجموعة من القواعد الموضوعة سابقا عددا من الفرص الممكنة للموقعة • ولكن هناك عدد من الحالات الأخرى تحكمها قوانين لا تختلف كثيرا فى المبدأ عن النقلات فى الشطرنج ، والتى تتيح أيضا فرصا لأنواع معينة من النتائج • وعلى سبيل المثال ، قيل أن مستر كلود شانون من

معامل تليفون بل رأى أن الآلة الحاسبة الألكترونية ، بجانب امكان تهيئتها للشطرنج ، قد يمكنها أيضا أن تقدر بنجاح موقفا حربيا وتحدد أحسن التحركات فى أى وقت معين فى موقعه • وأخيرا ، أوضح كاتب فرنسى ، بيير دوبارل ، أن كثيرا من الأشياء التى تحدث فى حياة دولة متحضرة تخضع لقوانين معينة ، وتبدو أنها خاضعة لدرجة كبيرة من الانتظام الاحصائى • فمثلا ، اذا عرضت صناعة ما أجورا عالية فهى تجند العاملين بسهولة أكبر وذلك كقاعدة عامة • ومن ناحية أخرى ، اذا كانت الأجور فى صناعة ما جيدة بالفعل فان أى زيادة أكثر قد لا تنتج تحسينا فى حالة التغيب أو تعمل على زيادة التوافق • وقد أقترح دوبارل ، عند ملاحظته للسلوك السياسى المتوقع للمجتمع ، أنه قد يكون من الممكن أن نعبر عنه بمصطلحات رياضية • فاذا كان هذا كذلك فلن يكون هناك ما يمنع الفرد من تجهيز آلة حاسبة مختصرة بقدر كاف لتتخذ قرارات سياسية وقبل أن نرفض هذا الاقتراح على أساس أنه غير عملى فان ما يستوجب ذكره أن آلة حاسبة زودت مقدما بنتائج انتخابات عامة سابقة أمكنها التنبؤ بدقة بالصورة التى يمكن أن تنتهى عليها الانتخابات البريطانية فى عام ١٩٥٩ لكل الـ ٦٣٠ مقعدا حالما أخبرت بأول اثنا عشرة نتيجة •

والميكانيكية الفعلية لأداء الآلة الحاسبة الألكترونية الكبيرة معقدة • ومع ذلك ، فهى كقاعدة تكون غالبا كما صممها بابادج : فهى مصنوعة على أن تعمل طبقا لقواعد سبق تحديدها ، فلديها مخزن يمكن حفظ المعلومات فيه لحين الحاجة اليها ، وهذا المخزن منظم بحيث يمكن بحثه ، أو تدقيق النظر فيه ، بحسب الارادة وتجمع المعلومات اللازمة للاستعمال ، وأخيرا لا بد أن يكون بها وحدة تحكم لتحكم تسلسل أداء عملياتها • وتستطيع الآلة الحاسبة المصنوعة بهذه الكيفية أن تقوم بحساب الأجور الأسبوعية ، وتلعب الشطرنج وتترجم أيضا من لغة الى أخرى اذا لقنت لها اللغات جيدا ، وبالطبع فهى تستطيع أن تقوم بأداء الحسابات المعقدة من غير اجهاد وبدون خطأ • وفى ضوء كل هذه الأعمال العظيمة الممكنة هل نعد صائبين اذا سمينا الآلات الحاسبة الألكترونية • عقولا ميكانيكية ؟

والبحث العلمى وظيفة عصرية مألوفة فى الوقت الحاضر ، اعتبرت أنها تتطلب فى العادة مقدرة علمية كبيرة • والقيام ببحث ، على أى مستوى جدير بالاعتبار ، يكون باهظ التكاليف • ولذا ، فالمسئولون عن أقسام البحث شغوفون دائما بامكان الحصول على شيء يعرضونه مقابل نقودهم • وبالتالى فهم يقومون بكل الخطوات الممكنة ليتحققوا من أن شيئا لم يترك بدون أداء فى تخطيط البحث مما قد يؤدى بهم الى اهمال فائدة ممكنة أو ، يسبب لهم فى الجانب الآخر أن يقعوا فى خطأ محتمل • وعلى سبيل المثال ، دعنا نفترض أن هناك مصنعا مرتبطا بصناعة مضاد للحيويات ، بنسلين ، مثلا ، أو ستربتومايسين ، أو ايرومايسين ، أو واحد من نصف دستة أخرى • تتضمن العملية تنمية الكائن الدقيق فى وعاء كبير ربما تكون سعته ٢٠ ألف جالون • فالسؤال الذى يواجه مدير البحث هو : هل يمكن ايجاد طريقة جديدة للتشغيل على أساس الحصول على عائد من المنتج النهائى ، يصل الى ٢٥٪ أكبر من ذلك المنتج عادة ؟ وهذا النوع من الاستفهام أمر مألوف جدا فى الأبحاث الحديثة • وتعالج المسألة بهذا الشكل • ففى صنع البنسلين ، يشبع بالهواء ، الوسط السائل الذى ينمو فيه العفن ، الذى قد يكون بنسليوم نوتاتم • حسنا جدا • فيمكن أن تكون أول مجموعة من التجارب ، اختبار تأثير زيادة نسبة الهواء المار فى الاناء بمقدار ١٠٪ ، ثم بمقدار ٢٠٪ ، ثم ، مثلا بمقدار ٥٠٪ • ثم يمكن مضاعفة الهواء بعد ذلك أو تخفيض مقداره الى النصف • أو تزاد درجة حامضية المحلول المعلق فيه العفن بواسطة سلسلة من الخطوات المتدرجة ، أو تزاد درجةقلويته • ويضاف السكر فى العادة الى العفن النامى خلال مجرى العملية ، فما الذى يمكن أن يكون منطقيا أكثر من ازادة كمية السكر أو تغيير المعدل الذى يضاف به ؟ ثم ، فان البنسليوم يحتاج الى أملاح أزوتية لنموه الصحيح ، فيمكن أيضا تغيير معدل اضافة مثل هذه الأملاح •

ومن الواضح أنه غالبا ما يوجد مجال غير محدد لتجربة تشكيلات وتعديلات لكل من هذه العوامل المختلفة ــ وهذا بالضبط ما يفعله كثير من منظمى الأبحاث المجدين • وبينما يؤدى تخطيط مثل هذا النوع من الأبحاث ببراعة فائقة بواسطة المفكرين العلميين البشر ، فانه يمكن ، مهما كان ، أن يؤدى أحسن كذلك بواسطة الآلة الحاسبة الالكترونية •

ويوجد ، بالطبع ، نوعان من العلماء . النوع الأول ، وهو ما كنت الآن أصف طريقة تقربه ــ واذا أعتبر أن الوصف تهكمى ، فهو ، فى الواقع فعلا ، كذلك لدرجة معينة فقط ــ هو الرجل الذى يبدأ بتجنب الخطأ . وهناك ، مع ذلك ، نوع آخر من المفكرين العلميين ــ الرجل الذى غرضه الأساسى أن يدرك شيئا جديدا . وطراز التفكير الذى يقوم به هذا النوع من العلماء لا يمكن تقليده بالآلة الحاسبة ، فهو يعتمد على شىء مغاير لتتبع برنامج موضوع من قبل . اذ يشتمل على وضع الأفكار المتباينة ، مع وميض البداهة ليضىء متضمنات هذه التشكيلة الجديدة من التصورات وغالبا ، بالمثل ، الفكرة العامة لغرض جديد تماما للبحث بأكمله .

وعندما يجرب رجل فى رأسه مجموعة الاحتمالات المختلفة فى الشطرنج قبل أن يقوم بالفعل بوضع يده على القطعة التى سيحركها أخيرا ، يقوم عقله بكثير مما تؤديه الآلة الحاسبة . وقطع الشطرنج يمكن أن تحرك وفقا لمنهاج مرسوم ويكون الهدف أو الغرض من الدور مخططا بغاية الدقة . وهو أن يقهر الملك الخصم بينما يمنع اللاعب المضاد من القيام بنفس الشىء بالنسبة لملكه هو . وانشاء طريقة أحسن لانتاج البنسلين شىء من نفس القبيل لدرجة كبيرة . ولكن العمليات التى دارت فى رأس السير الكسندر فلمنج عندما تصور لأول مرة فكرة أن المنطقة الخالية من الميكروب العنقودى (ستافيلوكوك) المحيطة بعدوى العفن الطارئة على لوحة المزرعة فى معمله قد تكون نتيجة لوجود مضاد نشيط للحيويات أفرزه العفن كانت من طراز مختلف تماما .

والنظام الآلى للعقل البشرى ، الذى جاء منه التفكير الذى جعل الانسان يقف بين الحيوان برأسه وأكتافه فوق كل باقى الخلق ليس معروفا بالضبط . ولن يمكننا ، لذلك ، أن نأمل فى فهم الكيفية التى نشأت بها الأفكار التى وضعت بجانب بعضها فى أنظمة العلوم التى كنا نناقشها . ومع ذلك بالرغم من أن الاجابة الكاملة لا يمكن الحصول عليها ، فقد حدث قفزة هائلة للأمام منذ عام ١٩٢٨ فى ادراك أداء العقل للعمل كآلة مفكرة . ففى ذلك العام قام عالم نفسانى ألمانى يدعى هانز برجر بمحاولة تجربة غمس أسلاك فضية فى جلد فروة رأس انسان ، واحد عند مؤخرة الرأس والآخر فوق الجبهة ، وأوصل هذه بأكثر الجلفانومترات حساسية لديه ، وكان ذلك مسمى بجلفانومتر « شعرى » .

وقد لاحظ أن عقل الرجل حتى وهو مغطى كما هو بواسطة جمجمته قد سبب مجموعة من التغيرات فى الجهد تقدر بحوالى جزء من عشرة آلاف من الفولت .

وقد وجد برجر أنه اذا سجلت هذه التذبذبات الكهربية على برميل يدور فان الخط الناتج يظهر مجموعة من التذبذبات تحدث بمعدل حوالى ١٠ ذبذبات فى الثانية . وعندما حصل على أجهزة أحسن تتضمن صماما مكبرا لتشغيل الجلفانومتر أمكنه أن يرى توافقيات معينة حدثت فى الخطوط المرسومة . ولكن أهم من ذلك كان اكتشاف أن التوافقيات الأكبر والأكثر انتظاما الناتجة من الأقطاب الموضوعة على رأس رجل يرقد ساكنا ومغلقا عينيه مالت الى التوقف اما عند فتح عينيه أو عندما يسأل ، وهو محتفظ بعينيه مغلقتان . أن « يستعمل عقله » ، كأن يقوم بأداء حساب عقلى مثلا .

وقد استبدلت منذ ذلك الوقت بآلة برجر البسيطة لقياس ما يسمى بتوافق ألفا للعقل آلة أكثر حساسية ودقة فى الصنع . وتبقى الحقيقة ، مهما كان ، بأن التنظيم المعقد لخلايا العقل ، وصعوبة الوصول اليها ، وهى محمية بالجمجمة وفروة الرأس قد هزم حتى الآن الذين يحاولون معرفة كيف يعمل التفكير بالضبط . ومع ذلك ، فان من الواضح تماما أن أحد الفروق بين العقل البشرى والآلة الحاسبة الالكترونية ، مهما كان كبيرا ، هو التعقيد المتناهى للعقل . فعدد خلايا العقل يختلف تماما فى المقدار عن عدد المكونات التى يمكن أن توضع فى أى قطعة من المعدات ، مهما كانت دقيقة الصنع . وقد حدد الدكتور جرى والتر الرقم بما يقرب من عشرة آلاف مليون . وليس هناك شك فى أن هذه الخلايا هى التى تسبب التيارات المتقطعة ذات الذبذبة والسعة المتغيرين المسجلة فى خطوط « مرسمات المخ الكهربائية »(١) . وهو اسم آلات التسجيل . والمخ ، يبدو أنه يتكون من تجمع هائل لخلايا الأعصاب الكهربائية تشحن وتفرغ الشحنة بدون توقف ، سواء كنا مستيقظين أو نائمين . وأنه عندما تطلق مليون أو ما يقرب من هذه الخلايا مجتمعة شحنتها بصورة متكررة تصبح من الممكن قياس تذبذب ومقدار توافقيات شحناتها . أما الذى يجعل

(١) Encephalographs.

هذه المليون خلية تعمل سويا ــ أو ، بالفعل ، ما يجعل خلية مفردة تعطى شحنة فى أى وقت خاص ــ فليس معروفا •

ولكن تظهر صورة من نوع ما ، وهى التى تبدأ فى ربط التفكير ــ أى ، النشاط الذهنى المعقد الذى تنتج بواسطته نظرياتنا العلميـة ــ بالظـاهرة الفيزيقية الخالصة المسجلة على أوراق الرسم البيانى لمرسمة المخ •

فتوافقيات ألفا التى لوحظت فى أول الأمر بواسطة برجر على تسجيلات جلفانومتره هى صفة مميزة للمخ البالغ فقط • فالأطفال ، تحت سن ١١ سنة ، مثلا ، لا يمتلكون ، كقاعدة عامة ، توافقيـات ألفا • وأنه من الواضـح تماما الآن أن هذا القياس الفيزيقى ، كما يسجل بجلفانومتر ، والذى يعد نتيجة لتفريغ خلايا الأعصاب ، يمكن أن يخبرنا بالكثير عن المخ كآلة مفكرة •

وتظهر توافقيات ألفا على الأوراق البيانية لمرسمة المخ الكهربائية لمن قد يدعون بالناس العاديين عندما تكون أعينهم مغلقة وعندما لا يفكرون ــ والتى أعنى بها ، أنهم لا يقومون بأداء أى حساب عقلى أو يحاولون حـل لغـز ما • وعندما يفتح هؤلاء الناس أعينهم وينظرون حولهم تختفى توافقيات ألفا على الرسم • ويوصف الناس الذين ترسل عقولهم تسجيلات كهربائية من هـذا النوع بأن لديهم توافقيات من نوع « ر » وفى العادة فان ثلثى أى مجمـوعة كبيرة سوف تنتج تسجيلات من نوع « ر » • ويبدو أنه عندما تكون أعينهم مغلقة فان الجزء من المخ الملامس للأقطاب « يدق » على التوالى دقا خفيفا مرسلا موجاته الألفا المنتظمة • ولكن عندما ينظر حوله الرجل الذى يجرى فحص مخه، فان نفس هذا الجزء من مخه يستغرق الآن فى المهمة المتنوعة لأخذ الملاحظات وجمع الانطباعات • ومن ثم يتوقف التأرجح المنتظم لموجات ألفا • وبالمثل ، فهو عندما يبدأ فى حل مشكلة ، فأن هـذا الشـخص من نوع « ر » يرى ــ بمعناها الحرفى ــ جزءا من المشكلة بعين عقله ، ويستعمل نفس الجزء من مخه •

ولكن بجانب الأشخاص من نوع « ر » ، فهناك أولئك الذين لا تختفى توافقيات ألفا عندما تكون أعينهم مفتوحة أو عندما يفكرون فى اليقظة • ويقال أنهم يمتلكون توافقيات « ب » ويبدو أن هؤلاء الأشـخاص ، وهم يمثلون ربما ١٥٪ من تعداد الناس ، لا يمتلكون المقدرة على تصور الأشـيـاء • فهم

يفكرون فى حدود مجـردة تماما أو ، بطريقــة أخــرى قد يكون عليهم أن « يتحسسوا » طريقهم خارج مشكلة ما • على أنه عندما يقصد رجل من نوع « ر » أن يمرر سريرا من خلال باب ضيق فهو قد يتصور أن أحسن طريقــة لذلك تكون بقلبه على جانبه أولا ، أما جاره القــريب ، المنتمى الى النــوع « ب » ، فهو قد يتخيل صرير عجلات السرير وهى تخدش فى الطلاء ، أو قد يشعر فى مخيلته بالجلد ينزع من فوق مفاصل أصابعه ، أو بدلا من ذلك قد يعتبر المشكلة كلية كمسألة من الحساب المجرد تتطلب اتساعا قدره ٣ أقدام و٦ بوصات ، بأرجل متعامدة طولها قدم و ٨ بوصات ، عليها أن تمر من فتحة عرضها ٣ أقدام و٦ بوصات •

وأخيرا ، هناك نوع ثالث من الأفراد لا تظهر خطوط مرسمة المخ الكهربائية الخاصة بهم أى توافقيات ألفا على الاطلاق • ويعتقد أن الناس من هــذا النوع يؤدون كل تفكيرهم على هيئة صور متخيلة • وحتى عنــدما تكون أعينهم مغلقة فان الجزء من عقلهم الذى تسرى اشارته خلال الأقطاب يتراقص مــع الصــور والأشكال والألوان ولا يكون أبدا ثابتا بما فيه الكفاية ليسمح للموجات الثابتة لمنحنيات ألفا أن تظهر على ورق التسجيل البيانى • ويسمى غياب ضربات منتظمة فى الناتج الكهربائى بتوافقيات « م » •

وقد قام الدكتور جرى والتر من معهد الأمراض العصبية بيردن فى بريستول بوصــف الطرق المختلفة التى يفكر بها الناس الــذين يمتلكون أنواعا مختلفة من توافقيات ألفا بوضوح تام • وعندما واجه السؤال عما اذا كان الرجل من طراز « م » سيأخذ على عاتقه اتجاها خاصا فى التصرف أم لا • توصل الى أن هــذا الطراز من الناس سيناشد فى التو واللحظة مجموعة من الصور أمام عين عقله • وسيجد نفسه ماضيا الى مسرح العمل ، يتصور الناس الآخرين الذين لهم دخل فى الأمر وماذا سيفعلون ، ويصور النتائج عندما ينتهى الأمر كله ، أو ، من ناحية أخرى ، فهو سيرى ما تكون عليه الحال اذا لم يتم شىء ، اذا ما كان قراره بألا يأخذ على عاتقه العملية على الاطلاق •وعلى ذلك فالشخص الذى يكون عقله من طراز « م » هذا ، يستطيع عادة أخذ القرارات سريعا • فهو « يصــور » الأمر كله فى لحظة •

والطراز المتطرف « ب » يراجع المسألة بطريقة مختلفة تماما . فهو يعتبر الأمور من وجهة نظر أكثر تجريدا . هل يقتضى الواجب أن يكون القرار نعم ..؟ وحتى اذا كان المشروع الأصلى ناجحا ، فهل سيؤدى الى التزامات ومسئوليات غير منتظرة ؟ هل هناك أى قواعد رياضية مجردة متضمنه ؟ وفى أمور القانون يزن طراز « ب » مبادىء العدالة ومذاهب القضاء ، أما طراز « م » فهو يتذكر الأمير فى زنزانته لحيته نصف نامية ، والآية المضيئة المعلقة فوق قوائم المنصة . وفى ميدان العلم ، يفسر العقل من طراز « ب » مبادىء علم الحركة الجزيئى ، بينما يلاحظ الطراز « م » أن السائل أحمر ، ويعود بذاكرته الى وقت كان فيه واقفا فى ليلة ما تحت الأنوار الخضراء الخافته فى المعمل ، وشعلة موقد بنزن الأرجوانية اللون تتضح بالكاد منعكسة على الحوائط البنية الطلاء ، حين ظهر محلول أحمر عندما حدث أن أضيف قليل من حبات الكوبالت الى دورق المحلول الذى يقوم بغليانه .

وأغلبنا ، كما ذكرت من قبل ، يمتلك توافقيات ألفا من نوع «ر» ، والنظام الآلى لعمليات مخنا تقع فى المنتصف بين أنواع «ب» وأنواع «م» .

وهناك ، بالطبع ، المزيد بالنسبة لخطوط مرسمة المخ الكهربائية الحديثة غير توافق ألفا . والحقيقة الهامة التى توطدت ، على أى حال ، هى أن المخ آلة مصنوعة من عدد وفير من خلايا الأعصاب ، متصلة ومتشابكة مع بعضها ، تطلق بدون توقف طوابير من التفريغات الكهربائية . وقد وصف السير شارلز شرنجتون الأمر كله كأنه « نول مدهش حيث تنسج ملايين الوشائج البراقة نموذجا متحللا ، نموذجا ذا معنى دائما ، مع أنه ليس ثابتا أبدا » . ولكن بينما لا نفهم بعد بالضبط كيف تعمل هذه الآلة — المخ — كما تتضمن كلمات شيرنجتون الخيالية ، فقد بدأنا نقدر أى نوع من العمليات هى . وبذلك يمكننا بالفعل استعمال تسجيلات التفريغات الكهربائية .

وقد وصف جرى والتر حالةغلام أرسل الى أخصائى ليجرى عليهفحص برسام المخ الكهربائى لأنه كان متأخرا لدرجة أنه كان يخشى أنه يعانى نقصا عقليا . وبالفعل ، صنفته نتائج الاختبارات على أنه ناقص بصورة واضحة ، لأنه — كما وجد — لم يستطع حتى قراءة الأسئلة . وأوضحت رسومات التفريغات الكهربائية الحادثة فى مخه ، مع ذلك ، أن الآلة الذهنية كانت فى حالة جيدة تماما ولكنها

تمتلك توافقيات ألفا بدرجة كبيرة ودائمة . وفى قول آخر كان غير قادر على تخيل الصور فى ذهنه ، لكونه من طراز « ب » . وحيث أنه معدوم الخيال بصـــورة قاطعة ، فلم تكن هناك فائدة من محاولة تعليمه القراءة بطريقة تصويرية ، كما يعلم أغلب الناس . أما اذا أمكن تعليمه بطريقة مناسبة كمفكر بحت ، كما كان يجب أن يكون ، فليس هناك من شيء يمنع هذا الغلام من التحول الى عبقرى .

ويوصلنا ذلك الى مسألة التعليم والتعلم . فالعمليات الأســاسيه التى تفسر كيف يتذكر العقل ليست مفهومة بأى تفصيل : ففى « ذاكرة » الآلة الحاسبة يمكن أن تدرج المعلومات بكثير من الطرق ــ على سبيل المثال ، كشريط ممغنط أو سلك شبيه بما نجده فى شريط التسجيل . أما كيف يتم ذلك فى المجموعة المعقدة من خلايا الأعصاب التى تكون المخ ، فنحن لا نعرفه . وبالرغم من ذلك ، فما يقوم به المخ قد فسر تماما بالكامل . فوظيفته الأولى هى التمييز . وكان بافلوف ، العالم الروسى العظيم لوظائف الأعضاء ، واحدا من أوائل الذين أظهروا أن الكلب يمكن تعليمه بأن الجرس يعنى أنه سيحصل على غذائه . وبرهن ذلك باظهـــار أن دق الجرس فى حد ذاته قد تسبب فى أسالة لعاب الكلب « المتعلم » . وكان مخ الكلب يتلقى مجموعة متصلة من تسجيلات الأصوات من جميع الأنواع . ومع ذلك ، فقد تعلم أن يميز صوت جرس الغذاء الخاص من ضمن الصـــورة المشوشة للضجة العامة .

وحقيقة الأمر ، فان مخ الكلب المدرب بهذه الكيفية يقوم بأداء عدة عمليات متميزة، فالمفاضلة ــ أى تمييز صوت أو رائحة خاصة من بين خليط مشوش ــ قد تسبب فقط فعلا عكسيا ، كانتفاض الآذان أو الأنف ، أو الاختلاج عندما يبرق الضوء . وقد يكون ذلك نتيجة للاقتران المبــاشر لاثنين من الأعصـــاب دون الرجوع الى التفاعلات الأكثر تعقيدا . ولكن عند تذكر انطباع ما ، يظهر عامل ثان للامتداد ، أو الاستمرار . وعندما يسبب تذكر ظاهرة ما حدوث تأثير آخر مختلف تماما ، نتيجة لتشابك خلايا العقل ، يظهر عامل الخلط .

أما جرى والتر فهو يأخذ الموضوع بتعمق أكثر ، حتى فى تفسير العمليـــات المحتواة فى « رد الفعل المشروط » البادى البساطة ، ويتعرف على سبعة مراحل فى تعلم كلب بحر مدرب ، أنه اذا صفق بزعانفه عندما يحدث سيده صوتا بأصابعه

فسيلتقى سمكة • فبجانب المراحل الثلاث من المفاضلة ، والامتداد ، والخلط ، ثم الجمع فهو يضع فى القائمة التنشيط ـ أى ، يؤدى كلب البحر شيئا عن انطباعاته الذهنية ـ والحفظ ، أو التعرف على أن فكرتين مختلفتين تكونان متصلتين ، وأخيرا ، ارتباط العمليات البناءة • كل هذا من أجل ردود الفعل العكسية المشروطة البادية البساطة •

والكهربائيون الذين يدرسون النظام الآلى للمخ لديهم اليوم عددا ضخما من المشاهدات يضعونها فى الاعتبار • وان لم يفهموا تماما ماذا تعنى جميعها وكيف تنتج ، فقد ظهرت بداية ما على الأقل دراسة ميكانيكية التفكير • فقد تحدد حوالى اثنا وعشرون خطا للاتصال الكهربائى مع أجزاء مختلفة من المخ • فهناك توافقيات غير توافقيات ألفا ، قد ينم واحد منها عن السرور وآخر عن الفشل • وترتبط أجزاء معينة من نماذج التفريغات الكهربائية بالتوتر الذهنى ، الذى يكون أحيانا حادا ، وأحيانا على هيئة حالات قلق مزمنة • ويعتقد أن الاتزانات الأكثر انتظاما تمثل عملية اصطياد للمعلومات ، تماما كما يدور هوائى الردار فوق برج قيادة السفينة بانتظام دورة وراء أخرى باحثا عن انعكاس ليظهر للرجل الذى يراقب الشاشة أن شيئا قد أصبح فى مجال الرؤية •

وقيام الآلة الألكترونية للمخ بالاختبار صفة أساسية لنشاطها بالنسبة للأفكار البسيطة وللأفكار المعقدة • وقد اعتاد بافلوف فى تجاربه الأولى مع الكلاب أن يعمل معهم فى حجرات معزولة تماما ، صامتة ـ حتى تحقق أن هذا السكون المطبق كان فى حد ذاته حافزا • وزيادة على ذلك ، فالعقل المتسائل بصفة مستمرة قادر تماما على التقاط الحافز الجاد • فبالنسبة لكلب ، يكون الحافز فى دق جرس أو رائحة كبدة محمرة ، وبالنسبة لكافندش ، يكون فى منظر الندى داخل زجاجة تفجر فيها غازى الأيدروجين والأوكسجين ، ومن ثم اكتشاف تركيب الماء ، وبالنسبة لفلمنج ، يكون فى ظهور غير متوقع لرقعة فارغة على لوحة بكتريولوجية، وبالتالى اكتشاف البنسلين !

والاعداد أيضا عادة هامة لنشاط المخ • فاذا أردت أن تقوم آلة حاسبة الكترونية باعطاء بيانات عن نتيجة انتخابات عامة فلا بد أن تزود مقدما «بتعليمات» مع تسلسل التوصيلات الكهربية المناسبة ، مثلا ، سلوك دائرة انتخابية مع سلوك

أخرى ذات مشابهة خاصة معها • بنفس الطريقة فمخ الرجل الذى يوشك أن يعود الى منزله راكبا دراجته لا بد أن يكون لديه تعليمات سابقة عن كيفية ركوب دراجة • ولن يجدى الرجل الذى لم يركب دراجة من قبل أن يمتطيها ويأمل أن يفسر فى رأسه كيف يقوم بذلك وهو فى طريقه الى المنزل •

وهذا ، رغم أهميته ، يعد أقل مستويات التحصيل الذهنى • وعندما تتدرج الى أعلى المقياس الذهنى ، تظهر ردود الأفعال المشروطة المكتسبة بالتعليم فى كل مكان • فالقردة العليا تمتلك أجهزة الكترونية قادرة على التمشى مع أجهزتنا الى حد ما فقط • فعملية وضع الشريط الضرورية ــ بتعبير المختصين بالآلة الحاسبة الألكترونية ــ يمكن تنميتها سريعا فى قرد ليعلم كيف يركب دراجة (أو على الأقل ، عجلة ذات ثلاث أرجل) • ولكن عندما نبدأ فى تعليم الأطفال الكلام وبعد ذلك بقليل نعلمهم القراءة ، فان نظاما أكثر تعقيدا لخلايا العقل يكون مطلوبا • ففى أول الأمر يحتاج العقل بمشقة أن يضع ق ــ ط سويا ، ولكنها فى فترة بسيطة تصبح ثابتة بأكملها وعندما نلمحها ، نسمع على الفور الصوت قط ، أو تتصور الحيوان ، على حد قولنا ، بدون تفكير • فالاتصال المتداخل جزء من التنظيم المكون حاليا فى عقولنا • وبنفس الطريقة نبدأ فى قيادة سيارة ، نفكر بعمق فيما سيتبع ــ نضع قدما على الدبرياج ، وقدما أخرى على دواسة البنزين ، نغير التعشيقة بيد ، وندير عجلة القيادة بالأخرى ، وننظر فى المرآة ــ أمن العجب فى شىء أن مبتدئا بعد ثلاثة أو أربعة مواقف تشنجية حرجة فى بادىء الأمر ، يوقف المحرك عفوا ؟ وفى فترة بسيطة ، على أية حال ، تستقر ردود الفعل ، ويقود السائق المتمرن سيارته بنفس السهولة التى يمشى بها ، ناسيا أن كلا الادراكين فى البداية كان لا بد أن يكتسبا بالتعليم •

ويغفل الرجل البالغ المتعلم مقدار ما كان عليه أن يعلم فى شبابه • اذ كان لديه فى البداية ردود الفعل المشروطة المنطبعة فى ذهنه ، تمكنه من أن يتكلم ويكتب ويمشى ويركب دراجة • وأطفال كثيرة تتعلم العزف على البيانو • و « التدرب » فى هذا السياق له كل من معناه التخصصى ومعناه العام • ولكن ذلك يتضمن أن بعض الفهم للموسيقى يكون على الأقل فى الحياة المقبلة جزءا من معدات العقل • وعمليات الحساب البسيطة تأتى الينا طبيعيا فى كثير من ضجة

الحياة المتمدنة • وهكذا تتدرج حتى أن عالم الرياضة المحترف يعرف ، كما لو كان بالفطرة ، رياضيات أكثر مما يجاهد الناس غير الرياضيين فى الوصول اليها طوال حياتهم بأكملها • ونستطيع غالبا أن نقول أن الباحث الكيميائى يمتلك على هيئة رد فعل مشروط ، المبادىء الأولية للكيمياء التى يجاهد ابنــه التلميذ فى تعلمها بمشقة •

والرجل المتوسط ، اذا تصورنا لفترة وجود مثل هذا الشخص ، يمتلك فى رأسه مخا يحوى من خلايا الأعصاب الوفيرة ، التى تفرغ شحناتها فى دفعـات واحدة ما يمكنه من تمييز هذه الاشارة أو تلك عندما تدخل اليه عن طريق حواسه الخمس • هل نستطيع أن نقول ما هى امكانيات مثل هذه الآلة المفكرة ؟ فالرجل الذى لم يعلم القراءة لا يستطيع أن يأمل فى تعلم الرياضيات الأساســية التى يعرفها عالم الرياضة بمجرد التطلع • ولن يستطيع أن يدرك المبادىء الأوليــة للكيمياء التى تعد الأدوات اللاشعورية العادية لباحث كيميائى • وهو اذا لم يكن قد سمع أبدا عن الطريقة العلمية ولم يعرف شيئا عن كيفية صنع العلم فهو لن يدرك أبدا شيئا عن كنه العلم ، ولن تتوقع منه أن يقــوم بأى اضافة علميــة جــديدة •

وقد ابتدعت الدكتورة موتيسورى طريقة جديدة تماما لتدريب العقــل باستخدام الحواس الخمس كلها وليست واحدة فقط أو اثنين منهــا كمسالك تستطيع بواسطتها الوصول والتأثير • وقد نجحت باستخدام مثل هذه الوسائل فى رفع مدارك المتخلفين عقليا الى مستوى امتحانات الدولة فى ايطاليا فى مطلع القرن • فما الذى يمكن ألا تتوقعه من عقل شخص ليس متخلفا عقليا ــ من عقل « الرجل المتوسط » مثلا ــ اذا أمكن ايجاد طريقة لاستخدام كل امكانياته : وكما قالها الدكتور جرى والتر « نحن معتادون على حالة الوسط كمتوسطات حسابية لحدود ما جاورنا ، لدرجة أنه من الصعب أن تتصور القوة الذهنية لعقل عند قدرته الكاملة » • وما يتضمنه ذلك هو أن هناك كثير من طاقات العقل موجودة فى الناس العاديين ، على حدة تماما من الملكات القليلة الحائزة لقدرات ذهنيــة من نوع بارز ، لتسمح بتقدم أكثر فى الطراز الحالى من التفكير العلمى ولتجعل

الاستيعابات الجديدة تماما احتمالا جليا . فماذا تكون اذن متضمنات ظهور فصيلة جديدة من الرجال بعقول أكبر وأكثر ملاءمة من عقولنا ..؟

وقد تزايدت فترة المراهقة الذهنية عشرة أضعاف ، من أبسط الحيوانات حتى القرد ، ومن القرد حتى الانسان . ونحن لا نفكر اليوم فى عملية استمرار التعليم المتعارف عليه على المستوى الابتدائى حتى سن الخامسة عشر ، ثم المضى به الى سن الثمانية عشر أو التسعة عشر على المستوى الثانوى . وتشغل الجامعة ثلاثة أو أربعة أعوام أخرى ، ويستمر الاخصائيون كالأطباء والمشتغلين بالأبحاث ثلاثة أو أربعة أعوام أزيد .فيبدو أن هناك ، ردود أفعال كثيرة جدا من المفيد أن تكون مشروطة . ومع ذلك نعرف أنه حتى فى نظامنا الحالى للتعليم ليست عقولنا مدربة بالقدر الذى تعد له . وهذا التدريب ، دعنا تتذكر ، هو مجرد « عملية وضع الشريط» للآلة الحاسبة . والتعليم الذى يلقن هو بمثابة شىء تمهيدى ، فقط ،حتى يمكن استخدامه فيما بعد عندما يأتى الوقت « للتفكير » . فوحدة التحكم للآلة الحاسبة الألكترونية ، تخبر الآلة بما عليها أن تفعل . فهى تضع ترتيب سلسلة العمليات التى عليها أن تؤديها وتحدد العلاقات الموجزة التى يجب أن تكون بين كل من هذه العمليات وبعضها . ويتم كثير من تفكيرنا بهذه الكيفية أيضا ، ولهذا السبب فان ذلك النوع من العمل هو ما تستطيع الآلة الحاسبة القيام به أحسن مما نستطيع نحن . وفى الحالة الحاضرة من الأمور يمكن فقط لرجل أعمال عصرى أن يعتبر نفسه غير كفء اذا أخذ الى المنزل حقيبة محشوة بالأوراق ويمضى المساء كله ينعم النظر فى حساباته . اذ تستطيع الآلة الحاسبة المجهزة جيدا أن تستوعب حقائق بالقدر الذى يشاء أن يضع فيها ، وتحسب تأثيراتها على بعضها فى لمحة . ولكن بينما تستطيع الآلة الحاسبة تقدير الأمور المالية لشركة تنتج شرائح البطاطس على الفور ، فان المقدرات البالغة التعقيد تماما للعقل البشرى تلزم لاستيعاب فكرة أن حقيبة من شرائح البطاطس ، تحتوى معظمها على هواء ، تسد حاجة اقتصادية فى الحياة المتمدنة .

ونحن متفقون أن فى العالم الغربى ، يستغرق الأمر حوالى خمسة وعشرون عاما ، أو حوالى ثلث مدى الحياة ، لفرض ردود الأفعال المشروطة اللازمة على العقل ذى الحجم المتوسط الحالى ، ومن الجائز أن تتقدم عن ذلك . فاذا اكتسب

الجنس البشرى عن طريق التغير أو خلال عملية النشوء عقلا أكبر وأكثر تعقيدا ، فسيتطلب ذلك قطعا تعليما طويلا عاليا أكثر أهمية • وقد اعتاد ممثل الروايات الهزلية ويل هاى فى فترة ما أن يكون مديرا لمدرسة متواضعة ، كانت تدعى كلية ناركوفر ، حيث كان أحد التلاميذ مسنا أشيب الذقن يلبس قميصا نسائيا • وقد يؤدى بنا تخطيط « عقل أكبر كثيرا من حجم العقل البشرى الحالى أن نجعل مثل هؤلاء « التلاميذ » المسنين حقيقة واقعة •

وتوجد وجهة نظر أخرى للعقل كآلة ألكترونية لم نمسها بعد ، فكلنا نعرف الأشخاص ذوى المقدرة الذهنية العالية ، الأشخاص الذين يتعلمون بسهولة ، الذين لا يجدون صعوبة فى استيعاب الأفكار المجردة المعقدة ، الرجال والنساء الذين يجتازون الامتحانات بدون متاعب كثيرة ، والذين قد تتصور جميعنا ، أنهم يمضون لأخذ الدرجات بمرتبة الشرف الأولى كتمهيد لمهنة انتاجية ذات امتياز عال ـ ولكنهم مع ذلك لا يفعلون • فهم عند مرحلة ما من تقدمهم يحيدون عن الطريق لسبب أو لآخر • فهل يفقدون الاهتمام أم أنهم يغضبون ؟

والرجل السريع الغضب يمكنه أن يستثار اذا سطع ضوء متلألىء فى وجهه ، وعندما يغضب فان غضبه يمكن ملاحظته وقياسه بواسطة التفريغات الكهربائية لمرسمة مخه الكهربائية كما تظهر على الورق البيانى • ومن ناحية أخرى ، اذا أخبر رجل ذو هدوء عادى بشىء يمكن أن يثير غضبه فان الخطوط المميزة لما يسمى بتوافقيات ثيتا تبدأ فى الظهور على ورق مرسمة المخ الكهربائية ويمكن أن يلاحظ أنها تسكن عندما يسترجع الرجل هدوءه بارادته •

وقد صنع العاملون فى معهد بوردن للأعصاب فى بريستول عددا من الآلات يجرى التحكم فيها بواسطة أنظمة آلية تمثل فى أفعالها استجابات واحد أو اثنين من الاتصالات العصبية بدلا من الملايين التى تعمل بالفعل فى العقل الحى • وهذه الآلات ، بالرغم من أن جهاز التحكم الخاص بها معقد باعتبارها آلة ، فهو مبسط بدرجة هائلة اذا قورن بعقول الحيوانات • غير أنها تعرض بعض السمات البشرية غير العادية • وعلى سبيل المثال ، أجرى صنع آلة يمكن جعلها تتجه نحو مصدر صفير قصير اذا لمع ضوء • وذلك بواسطة تشكيلة مناسبة من موتورات كهربائية وخلايا كهرو ضوئية خفيفة الحساسية مثبتة فى أجهزة مسح ومكبرات صوت

حساسة . وحين أطلقت الصفارة بصفة مستمرة ، على أى حال ، ولمع الضوء بعد ذلك رفض « المخلوق » أن يأتى . وبالمثل ، اذا ترك الضوء لفترة طويلة فانه لا يقوم بأداءما أخبر به عند اطلاق الصفارة . وبعد ذلك صنع القائمون بالتجربة فى الآلة دائرة تجعلها ترتد وتعود عند لمس غطاءها . وقد نظم ترتيب الدوائر على أساس أنه بعد فترة من التدريب ، أو « الاعداد » ، تطلق خلالها الصفارة أولا ثم يدفع الغطاء ، مسببا للآلة أن ترتد ، ويعود « الحيوان » الميكانيكى ، فقط عندما تطلق الصفارة . واكتشف أيضا تعقيد آخر . فعندما يكون مشغولا بالارتداد والافلات ، لا يمكنه أن ينتبه ثانية الى وميض من الضوء الذى باشتراكه مع صوت الصفير ، كان هو الاشارة الأصلية للتحرك للأمام .

وقد صنع حتى الآن عدد من « الحيوانات » الميكانيكية بدوائر تحكم بسيطة نسبيا ذات حساسية لعدد قليل من الدوافع المؤثرة على عقل انسان أو حيوان . وبالرغم من أن أنظمة التحكم فى هذه النماذج متناهية البساطة بالمقارنة بالمراكز العصبية التى صممت لتقليدها فقد أثبتت أنها من التعقيد بدرجة كافية لتظهر مسألة هامة . فقد أوضح ماسرمان ، بشيكاغو ، أنه يمكن تعليم قطة أن تضغط على جرس ثلاث مرات لتحصل على الطعام . ولكن ، اذا حدث لها عند أدائها لواجبها المكتسب بالتعليم بدق الجرس ثلاث مرات ، أن أزعجت برفق أثناء ذهابها للحصول على الجزاء الذى اكتسبته ، كان تهب نفخة من الهواء فى وجهها مثلا ، فهى سريعا ما تتجهم وتصبح موجسة ، وترفض أن « تستعمل عقلها » لتضغط الجرس مرة أخرى حتى اذا سبب لها نقص الطعام المترتب على ذلك أن تصبح هزيلة وتمرض . فهى غالبا ما تهاجم زرار الجرس وتعضه وتخدشه .

وهذا النوع من السلوك ــ فقد المعرفة المكتسبة والمزاج الحاد ــ يمكن أن يقلد بأمانة كبيرة بواسطة الطراز من النماذج الميكانيكية التى أنشأها معهد بوردن للأعصاب التى وصفتها قبلا . فعندما تنشىء ماكينة من النوع « أمزجة » من التجهم أو التهيج يمكن اصلاحها بتركها لشأنها فترة ، أو باقفال دوائرها كلها

ثم فتحها مرة أخرى . وفى بعض الأحيان ، مع ذلك ، يكون من الضرورى أن نفصل جزءا من الدوائر ونبسطه . وتذكرنا طرق المعالجة هذه ، على الأقل ، بما يعمله الطبيب النفسانى مع المريض . فهو قد يصف النوم أو الصدمة ، أو الجراحة ، كعلاج .

والعقل البشرى ، الذى يعالج الانسان بواسطته أمور الحياة المتعددة والذى ابتدع بواسطته أنظمة العلم المنطقية ، عضو بالغ التعقيد ، فهو عضو يمكن أن تفهم طبيعته . اذ تستطيع الآلات الحاسبة الالكترونية الكبيرة العامة الأغراض أن تقوم بأداء كثير من الأشياء التى تؤديها العقول . وهذه الآلات الحاسبة ، مع ذلك ، يمكنها أن تؤدى فقط ما تؤمر به ، وهذه الأوامر صادرة لها لغرض خاص . أما العقول ، والعقول فقط ، فتستطيع أن ترى أغراضا جديدة وغير متوقعة .

وتعمل أنسجة المخ التى تحمل الاحساسات والأفكار بواسطة دفعات كهربائية وعلاقات كيميائية متداخلة . ولذا فان العلاج بالصدمة الكهربائية الذى يستخدمه الطبيب من الخارج ، يمكنه أن يحدث اضطربا فى وظيفتها ويغير من « هيكل العقل » لمريض بالشيزوفرانيا . والتغيرات الكيميائية ، كتركيز متوسط من الكحول فى الدم ، أو قليل من الأثير ، أو شىء آخر أقوى ، كالأفيون ، مثلا ، أو مهدىء حديث ، يمكنها أيضا التأثير على الطريقة التى يعمل بها المخ . والعوامل البيولوجية ، أيضا ، تحدث تأثيرا على هذه الآلة المفكرة فى رؤوسنا . فقد أثبتت التقارير وجود بروتينات غير عادية فى مجرى الدم فى المصابين بالشيزوفرانيا ، كما يمكن أن تحدث العدوى هلوسة وهذيانا . ووظيفة العقل التى تفسر لنا العلم على أنه ، خليط من الفيزيقا ، والكيمياء ، والأحياء ، انما هى أبعد من ذلك . فبامكانها ، فى الواقع ، أن تتخطى حدود العلم .

الفصل الثامن

تقريبات الحقيقة

لقد اعتدنا على العالم الواقعى الذى نعيش فيه حتى أننا نميل الى اعتباره أمرا مسلما به . وعندما تقرأ هذا ، تعتقد أنك تعرف أى نوع من الأشخاص أنت ، وما هو اسمك وعنوانك ، وما لون غلاف هذا الكتاب . كما أنك متأكد من أن اثنين واثنين تساوى أربعة ، وأن البارود مصنوع من فحم الخشب والكبريت وملح البارود ، ومما يكون الفرق بين التيارات الكهربائية المتغيرة والمستمرة . ثم فى يوم ما وأنت تغسل يديك ، يحدث أن تنظر فى المرآة فوق الحوض وسيخطر بذهنك شك مفاجىء . « هل ذلك أنا حقا .. ؟ » « ماذا أفعل هنا .. ؟ » « ومن أنا .. ؟ » .

وكل شخص منا منفصل تماما عن كل شخص آخر . كيف تعرف أنك تقرأ كتابا ؟ قد يكون الأمر بأكمله وهما . كيف تعرف أن الأحمر أحمر ؟ فقد يبدو اللون أزرقا لعينى كل الأشخاص الآخرين . وقد لخص الأب رونالد فوكس هذه الشكوك فى قصيدته الشهيرة :

كان هنالك مرة رجل قال ، « حتما ... سيحسب الرب الأمر شاذا جدا
لو أن هذه الشجرة تستمر فى بقائها .. عندما لا يكون هناك أحد حولها
فى الفناء » .

والسؤال عما اذا كانت الشجرة التى تسقط فى الصحراء بعيدة عن أقرب رجل تحدث أى صوت ، فيه كذلك شك مماثل ، وان كان بتعبير مختلف .

ونظام العلم كله ، المتشابك المعقد ، الذى ناقشناه فى الفصول السابقة من هذا الكتاب ، يعتمد على حقائق وقياسات ، التى تدرك كل منها خلال حاسة أو أخرى من حواسنا الخمس وتسوى فى أذهاننا بهذه الطريقة . وليس هناك تأكيد نهائى بأن حواسنا لا تكذب . ودعنا تتجاهل للحظة ، مع ذلك ، هـذا الشك فى صحة عقولنا ، ونعتبر أننا نرى الأشياء بالفعل كما هى حقيقة ونقرأ نفس المعنى من نفس مجموعة الحروف باكر كما نقرؤها اليوم . وربما يمكننا أن نتجاهل أيضا حقيقة الاعتقاد العلمى الحـديث بأن العالم مكان نظـامى منطقى لا تحدث فيه معجزات ، وفيه يمكن ملاءمة كل مشاهدة فيه بغض النظـر عن كونها غريبة وغير متوقعة فى الظاهر ، فى نوع ما من الفرض المنتظم ، هو مجرد موضوع عقيدة . وذلك بالطبع هو المذهب العلمى الحديث . ولكنه ، مفترض وليس من الثابت أنه صحيح ، بالرغم من ذلك .

وقد كتب حديثا البروفسور نوروود هانسون كتابا سرد فيه عـددا من الأمثلة ليبين أن الحقيقة ليست « شيئا » مؤكدا لا يمكن أن تخلو من الجدال، ولكنها تتأثر كثيرا جدا بحالة ذهن الرجل الذى قام بالمشاهدة . وعدد قليل جدا من الناس قادرون على تصديق الحقيقة « خالصة » . وأغلبنا تقريبا ينظر الى الحقيقة فى ضوء الادراك السائد للعالم . فنحن ننظر الى ساق الشجرة ونرى ، عند منتصفه ، أربعة مخالب لدب يتسلق الشجرة على الجانب الآخر من الساق من حيث نقف . ونحن نرى فقط مخالبه وهى تخـدش طريقها لأعلى . فكيف نعرف أن بقيته دبا ، وليس ربما نوعا شاذا من الخنزير ، مثلا ، له أرجل دب ؟ والجواب هو ، بماأننا لسنا رجالا من الفضاء الخارجى ، فان لدينا خبرة بعالمنا الخاص ونعـرف أى نوع من الحيوان يكون الوحش الوحيد المتوقع أن يكون متصلا بذلك النوع من المخلب . وتلك ، نوعا ما ، طريقة غير علميـة غريبـة للوصـول الى استنتاج عن مشاهدة ، ولكننا نقوم بأدائها دائما ، غافلين عن أن أول أوربيين شاهدوا زرافة لم يصدقوا أنها حقيقة . وقد أثبت لنـا اينشتين فى عصرنا الحالى أن وجهة نظر مختلفة للعقل يمكن أن تؤدى الى صورة مختلفة تماما للعالم عن تلك التى تعودنا عليها .

ولدينا مجموعتان من الصعاب فى التقرب الى الحقيقة عندما نقوم بعمـل أنظمتنا العلمية . الأولى هى جهلنا بالأصل الأساسى لخبراتنا ــ أى الشك الذى

يلازمنا فيما اذا كان ما نراه ونحس به ونقدره موجودا بالفعل • ما اذا كان وزن ولون وصوت الشجرة الساقطة فى الصحراء لها أى وجود مطلق من ذاتها أو ما اذا كان لابد من وجود شخص ما ليسجلها قبل أن توجد على الاطلاق • ولهذا الشك ، ربما ، قسمان يجعلانه أكثر صعوبة تماما فى مكافحته ، لأنه ، حتى اذا أمكن الجدال بأن الكرات النحاسية والتفاح ، التى تسقط طبقا لقواعد قوانين نيوتن للحركة ، حقيقة سوء وجد هناك شخص ليمسكها أم لم يوجد ، فقوانين نيوتن هى مجرد مجموعة من الأفكار اللامعة • والكرات النحاسية موجودة ، قد تقول ذلك ، حتى اذا لم يوجد أحد ليراها ، أما الأفكار اللامعة فلا يمكن أن توجد بدون وجود السير اسحاق نيوتن •

ونوع العقبة الثانى عن الحقائق دنيوى وفنى أكثر • فهو ينبع من تعقيد الظواهر الطبيعية التى تفكر فيها • فالوزن يبدو مجرد شيء بسيط الى أن تتذكر أنه يعتمد على قوة الجاذبية وبالتالى فهو يتغير تبعا لبعدنا عن مركز الأرض • وحركة المعمل الذى يقاس فيه لها أيضا علاقة بالموضوع • فواضح أن رجلا يحاول أن يزن عشرة جرامات من كربونات الكالسيوم على ميزان موضوع فوق منضدة داخل مصعد ، سيحصل على النتيجة الغير صحيحة اذا قام باجراء قياسه عندما يكون المصعد بادئا فى النزول الى القاع • وحتى اذا وضع الميزان الذى تجرى عليه عملية الوزن على قاعـدة من الخرسانة فى الدور الأرضى من المبنى • فقد يحصل العالم على النتيجة الغير مضبوطة اذا حدث أن سببت صدمة سيزمية لزلزال بعيد تحرك أساسات المنزل فى اللحظة الحاسمة • واذا أردنا أن نكون مدققين بالفعل فلابد أن نضع نصب أعيننا ـ كما فعل اينشتين ـ أن أكثر الموازين ثباتا وأرسخها على الأرض يدور فى النظام الكونى أثناء دوران العالم حول محوره وحول الشمس فى نفس الوقت • وعنـدما نقـول « يدور » فنحن لا نعنى أبدا أنه يلف فى دوائر ، حيث أن المدار الذى يتبعه كوكبنا بالفعل بيضاوى الشكل •

ومهما كان ، فأنا لا أريد عند هذه النقطة أن أضيق الخناق فى غير ما داع على صعوبة عمل مشاهدات دقيقة فعلا • فسأترك الى وقت قادم مسألة التقريبات التى ، سواء تحققنا منها أم لم تتحقق فنحن معتادون على التسليم بها كحقائق • والأمر الذى أريد عرضه الآن هو صعوبة ثالثة تواجه العـالم الذى يحـاول

تطبيق الطريقة المباشرة فى الظاهر لتجميع حقائق يبنى منها نظريات سيؤكدها بالتجربة بعد ذلك ــ أو ينفيها • وهى أن الحقائق والتجارب لابد أن تسجل فى كلمات • والكلمات ، مثل الحقائق ، تغير معناها تبعا للسمات العقلية للناس الذين يستخدمونها • وهناك ثانية ، يبدو ، أن الرجل الذى يدون مشاهدة عن الطبيعة يدخل شيئا من ذاته فى الحقيقة التى يحاول تسجيلها •

ودعنا نفترض ، أن بيولوجيا ، يجمع ويقيس ظواهر متعلقة مثلا بتجديد نسيج حى معين ، ولديه ظروف مناسبة ليسجل مشاهدة ما عن الجروح • وكلمة « جرح » قد تؤخذ سطحيا لوصف حقيقة بسيطة ، حالة من الحوادث • ولكنها ليست كذلك • ودعنا نسلم بأن الكلمة تعنى تلفا لتركيب حى أكثر خطرا من خدش • والعملية الجراحية مع ذلك ، مهما كانت شديدة ، ليست جرحا ، حتى اذا تركت الأنسجة فى نفس الحالة بالضبط ، ولا كذلك الحفر فى المادة الحية من شجرة مطاط ، ولا وصم الماشية بالنار • ولذلك ، فان الكلمة « جرح » تحمل معها كل متضمنات فهمنا لما نعنى بالحياة والحى ــ موضوعات هى نفسها محملة بنظريات ومتضمنات ــ بجانب مجموعة من افتراضات عن سبب الضرر • فهل يمكنك أن تصف بترا طقوسيا ــ كخرق أذن شخص من أجل الأقراط ، على سبيل المثال ، أو خصى الثور ــ على أنه جرح ؟

والفلكى الذى يعلن وجود فوهات براكين على القمر يؤدى فى الواقع أكثر من تسجيل حقيقة • و « فوهة البركان » ، كالجرح ، كلمة مثقلة بمتضمنات • فثقب فى الأرض ذو شكل معين ليس فوهة بركان • فالحفرة قد تتضمن فورانا بركانيا ، أو سقوط شهاب ، أو الصدمة الانفجارية لقذيفة مدفع أو قنبلة • وكلمة « سم » أيضا ، ليست تعريفا بسيطا لمادة • فيلازمها أولا ، مفهوم الحياة والوظيفة العادية اللذان سيضطربان بفعلها ؛ وثانيا فكرة نوع من مركب كيميائى قادر على التداخل الضار مع الحياة • فالزجاج والصلب يتكونان من مركبات كيميائية ، ومع أن ابتلاع الزجاج المسحوق والدبابيس قد يؤدى الى ايذاء الكائنات الحية ، فهما ليسا مدرجين فى التعريف العادى للسم •

وهذه كلمات عادية شائعة الاستعمال ابتكرت لتسجل مشاهدات عادية . وبالمقارنة بها ، فالكلمات المفروض أنها أكثر دقة عن العلم قد تكون محملة بشدة أكثر بمتضمنات غير معبر عنها . فالأوصاف الموضوعية الادعائيــة لدرجــة الحرارة والكتلة والسرعة والزمن ، الى نهاية هذا الصف الذى يصل بنــا الى الدلالات الأكثر سفسطائية للحمضية ولامتصاص الضوء فوق البنفسجى ، هى فى الواقع مليئة بآراء سبق ادراكها عن كيفية استطاعة الانسان القيام بعمــل القياسات فى معمله ، بعيدا تماما عن كل مصادر الخطأ فى المبادىء الرئيسية التى تبنى عليها الطرق العادية لعمل كل قياس .

ويوضح البروفســور هانسون التعقيدات والافتراضات الأساسية فى كلمة تبدو بسيطة مثل « شد » فلشد شىء يعنى عادة جذبه للخارج ، مع الاحتمال بأنه سيرجع ، على الأقل ، حتى ولو الى حــد ما ، الى شكله الأصلى . ونحــن نشد أربطة البلاستيك والزنبركات والعضلات والملابس المنكمشة . ولكن هل نشد قرصا من الزبد ؟ أو منظارا مكبرا ؟ أو مروحة عندما نفتحها ؟

والكلمات المليئة بالنظريات تزدحم فى رأس أى عالم بدرجة تجعله ينسى أحيانا أنها ليست واضحة ودقيقة كما تبدو ، وقد يحمل نفسه غالبا على الاعتقاد بأنها تصف حقائق جلية . فالخطوط المتوازية لا تلتقى أبدا . بالضبط طالمــا نفترض أن الورقة التى رسمت عليها (أو العالم الذى توجد فيه) ليست ملفوفة على هيئة ماسورة . و « عازل » كلمة ليس لها معنى واضح الا اذا عرف الفرد « الكهرباء » و « التيار الكهربائى » اللذان هما فى ذاتهما أفكار معقدة . ثم ان كل المدركات الأكثر تكنولوجية التى يستخدمها العلماء تحمل معها مجموعة من افتراضات مبنية على الأجهزة المستخدمة فى قياسها . وقــد يتذكر الباحث العلمى المحترف هذه الحقائق أحيانا فى حياته الاعتيادية المزدحمة اما فى أغلب الأحيان فهو لا يتذكرها . والوزن الجزيئى والرقم الذرى ؛ والطريقة الشائعة لتحديد درجة الحمضية والقلوية (المسماة « بمقياس ^{ه}يد ») ؛ نقطة الغليان ؛ الفولت والأمبير ــ كل هذه المصطلحات تعتمد فى معناها الدقيق على الطرق الأصلية التى حددت بها أول الأمر وعرفت .

ويتعامل العلم مع حقيقة حالة الأمور فى الكون الطبيعى . وكما رأينـا ، فالواقع يأتى الينا فقط من خلال حواسنا . والحقائق التى ندركها قد تكون معقدة ومحيرة فى معرفتها ، فالذى نعرفه لا بد أن يعبر عنـه فى كلمـات ، وهى أشياء خادعة فى استعمالها . وبعد فهناك شرك آخر ينبع من الدافـع الذى لا يمكن الهروب منه غالبا الذى يشعر به كل الباحثين من البشر فى صراعهم ليبلغوا نوعا من النظام فى العالم المشوش الذى يراه الرجل البدائى الجاهل — أى ، كل شخص يجهل العلم . والسؤال الذى يتبادر سريعا الى الذهن هو ، ماسبب هذه الظاهرة ؟

وقد يسأل عالمـا طبيا نفسه وهو يفحص مريضا ، ما سـبب مرض هـذا الرجل ؟ هل سيجيب : التهاب الرئة ؟ ولكن سبب التهـاب الرئة كان ميكروبا يسبب الوباء . ولذلك ، اذا أجاب بأن الميكروب كان السبب فى موت الرجل فمن الممكن أن يكون محل انتقاد ، لأن نوعا خاصـا من البراغيث الحـاملة للميكروب هو ما أحدث الضرر . أو هل يلوم الجـرذان التى جلبت هـذه البراغيث ؟ أم السفينة التى أحضرت الجرذان الى الميناء ؟ أم موجات اللاسلكى التى حملت أوامر صاحب السفينة الى القبطان مخبرة اياه بالتوجـه الى ميناء ا بدلا من ميناء ب .

وهذا النوع من المشاكل بعيـد الادراك تماما . ودعنى أعطى مثـلا من الكيمياء الصناعية عن نوع شيء يحـدث . يلاحـظ كيماوى اللون الوردى لأنبوبة اختبار . فبها ورقة عباد شمس زرقاء تتحول الى حمراء . ما السبب ؟ وليس هناك جدوى فى أن تقول أن الورقة تحولت حمراء لأن المحلول تحول الى حامض . فذلك ليس مفيدا بالمرة . فسلفات النوشادر كانت تعطى للخمـيرة النامية فى وعاء تخمر لتزود خلايا الخميرة بالنيتروجين . وفى ظروف التشغيل العادية تسوى الأمور بحيث تصل درجة الحمضية عند مستوى سبق تحديده . وقد يكون تزايد نمو البكتريا المكونة للحامض فى النظام هو أحـد أسـباب تحول ورقة عباد الشمس الى حمراء . ولكن ، دعنا نفترض أن سبب هـذه العدوى هو العبوة الغير صحيحة فى غطاء علبة الحشو الخاصة بالطلمبة التى سمحت بدخول العدوى . ومن ناحية أخرى قد تكون الحمضية فى النظام نتيجة لافراط فى استهلاك الخميرة السريع للنيتروجين ، تاركة وراءها كميات كبيرة من

كبريتات غير منتظرة من الأمونيا • ولكن ذلك بدوره قد يكون بسبب حدوث طفرة وراثية للخميرة ، التى ، عند نموها فى مصنع ، تنتج جيــلا جـديدا كل تسعين دقيقة أو ما ماثل • والسبب فى الطفرة قد يكون ، فى الواقع ، تجربة انفجار لقنبلة هيدروجينية فى نيفادا والتى ، لذلك ، يجب أن نعزو اليها التغير فى لون ورقة عباد الشمس الذى يراه الكيماوى فى اللون الوردى المراقب • وواضح أن المشكلة بالنسبة للعالم الذى يجاهد فى بلوغ ترتيب ونظام فى مختلف الظواهر التى يلاحظها ، هى أن ينتقى من كل الحقائق تلك التى تتــلائم مع بعضها ويختار من تسلسل الأسباب السبب النافع الوحيد •

وذلك أحيــانا صعب التحقيق للغــاية حتى عندما تكون الحقائق جاهزة • والصعوبة أنه لكى يتم الاختيار المضبوط لابد للانسان من أن يفكر ــ ربما فى عكس اتجاه الأفكار السائدة المسلم بها • ففى منتصف القرن السابق لاحظ الدكتور المجرى اجناز فيليب سملفيس حقيقة أن بعضا من الأدلة التى وجدت عند أحد مساعدى المعمل الذى مات بعدوى التقطها أثناء التشريح فى مستشفاه كانت تشابه تلك التى شوهدت لدى النساء اللائى يتوفين أثنــاء الولادة من حمى النفاس وهى ما كانت فى ذلك الوقت لعنــة مستشفيات الولادة • وقد أبلغ ملاحظاته الى المجلس الطبى بفيينا وقدم رأيا بأن سبب حمى النفاس قد تكون عدوى نتيجة لنقص احتياطات التعقيم فى المستشفيات • وكانت الحقائق، أن عدد حالات الوفاة من حمى النفاس قد أظهر تناقصا سريعا عندما استصوبت اقتراحاته ولجأ كل الذين يلامسون النساء فى الولادة الى غسل أيديهم وطهرت عنابر المستشفى بغسلها بالكلور •

وقد رفض الأطباء المولدون الأوائل فى فيينا ، مع ذلك ، أن يسلموا بهذه الحقائق كحقائق ، وأجبر سملفيس على الانتقال من فيينا الى بودابست • وبعد ذلك بسنين قليلة ، عندما رفضت بالمثل اكتشافاته الأخرى التى نشرها ، هجر عمله ومات • ومضت عشرون سنة قبل اقرار صحة حقائقه واستنتاجاته منها • وعندئذ أقاموا تمثالا له فى بودابست !

والاستبصار المتأخر دائما يكون أسهل كثيرا من التبصر حتى أننا يجب علينا حماية أنفسنا من الاعتقاد بأن كل الناس فى التاريخ ــ وعلى الأخص أعضاء

المهنة الطبية فى فيينا فى القرن التاسع عشر ـ كانوا أكثر غباء منا نحن الناس الحديثين الذين عرفوا أكثر منهم بكثير • فهذا خطأ خطير • فأطباء الولادة النمساويون كانوا يبذلون أقصى جهدهم ويتتبعون الحقائق كما رأوها • ولسوء الحظ ، فهم لم يروها على الوجه الصحيح • والسبب الرئيسى فى ذلك هو أنهم لم يكن لديهم المام بمبادىء علم الاحصاء •

وقد قيل أن الأشياء المؤكدة الوحيدة فى هذه الحياة هى الموت والضرائب• واذا أهملنا الأخير لفترة فالأولى صحيحة بدون شك • فنحن نموت جميعا • ومن ناحية أخرى ، فهناك حقائق أخرى كثيرة صحيحة كذلك ولكنها ليست بالسهولة التى نرى أنها صحيحة بدون تقدير لفكرة التقريبات الاحصائية للحقيقة • فنحن نعرف الآن أنه صحيح أن البكتريا التى كانت تحملها أيدى وملابس ومعدات الخدم فى مستشفيات الولادة هى سبب حمى النفاس • ولكن ذلك لا يمكن اثباته بطريقة بسيطة كحقيقة • أن كل فرد سيموت ان آجلا أو عاجلا ، فمثلا فى العنبر المكون من ستة أسرة لن يلتقط المرضى الستة جميعهم حمى النفاس عندما تقوم على خدمتهم نفس الممرضة الناقلة للعدوى •

وربما يمكننى اظهار نقطتى بوضوح أكثر بالاشارة الى الاقتراح بأن أقراص الفيتامين تعد وقاية ضد البرد • وقد تقرر ذلك تقريبا كحقيقة • وما يحدث هو الآتى • يعانى رجل ما فى أحد الأعوام من مجموعة من أمراض البرد خلال فصل الشتاء • ويتذكر أنه أصيب بأولها فى نوفمبر ، ثم أفسد عليه مرحه فى عيد الميلاد رشح كلى ؛ وفى فبراير ابتلى ثانية بشدة ؛ وقضى يوم الجمعة الحزينة فى السرير محاولا التخلص مما اعتراه قبل حلول أجازات عيد القيامه • وفى الخريف التالى أوصاه أحد الأشخاص بتعاطى أقراص الفيتامين • وقد فعل ذلك وظل طوال العام سليما من البرد ، باستثناء مرة خفيفة يشعر هو أنه يستطيع تجاهلها بسلام • وهو لذلك يجادل فى أن أقراص الفيتامين كانت السبب فى مقاومته للاصابة ، وحقيقة الأمر ، مع ذلك ، قد تكون أنه لم يتعرض للعدوى بالمصادفة خلال السنة المشار اليها ، أو أن التطعيم الشديد خلال الشتاء الماضى قد رفع حصانته الى مستو يكفى ليقيه ، أو ربما كان الفيروس السائد فى هذا الموسم ضعيفا نوعا ما •

وبالمصطلحات الاحصـائية يمكن القول أنه خـلال أى عام فى أى مجتمع خاص توجد درجة معينة من الاحتمال بأن فردا سيصاب بالبرد خـلال شـهر ديسمبر مثلا • ودعنا نفترض أن هذا الاحتمال عشرة لواحد • فهو لذلك اذا لم يتعاط أقراص فيتامين على الاطلاق فهناك تسعة احتمالات من عشرة أنه لن يصاب بالبرد ، وحتى اذا تعاطى أقراص كل ديسمبر لمدة عشرة أعوام بلا انقطاع ولم يصب بالبرد فى ديسمبر ، فان براءته قد تكون نتيجة للصدفة بنفس الدرجة التى يمكن بها أن يكون نتيجة للفيتامينات •

والاحصاء فرع من الرياضيات ، الذى بالرغم من أنه أهل لاساءة الاستعمال، تم تطويره فى السنين الحديثة الى أداة علمية رئيسية • فحل مشكلة الاستشفاء من البرد بالفيتامينات يمكن أن يعالج هكذا • تختار مجموعتان من الناس • وتعطى أقراص الفيتامين لأحد المجموعتـين وتعطى أقراص مقلـدة مماثلة فى الطعم والحجم والمظهر ، للمجموعة الأخرى • ولا يعرف أى المجموعتين أى نوع من الأقراص يحصلون عليها ، ثم تحفظ سجلات لعوارض البرد لكلتا الجماعتين خلال الشتاء • ودعنا نفترض أن ٦٢ من ١٠٠ من المجموعة التى تتناول أقراص الفيتامينات سلموا من البرد ، بينما ٥٤ فقط من ١٠٠ من جماعة « المراجعة » الأخرى التى تتعاطى أقراصا زائفة ، قضوا الشتاء معافين من البرد • فهل يعنى ذلك أن الفيتامينات قد نفعت ؟ ولو توضع فى مصطلحات رياضية ، تصبح تلك العملية : هل الفرق بين ٦٢ و ٥٤ بالمائة له دلالة احصائية ؟

والاجابة على السـؤال بما اذا كان ٦٢٪ تختلف بصـورة ذات معنى ، بالمصطلحات الاحصائية عن ٥٤٪ هى أنه من المستحيل الاجابة مزودين بتجربة عام واحد فقط • فاذا كان ٥٤٪ على سبيل المثال من مجموعة الناس الغـير متعاطين للفيتامينات الذين درسوا فى ديسمبر سنة ١٩٥٩ قد وجدوا معافين من البرد ، وفى ١٩٥٧ ، ١٩٥٨ ، ١٩٦١ كانت الأرقام ٤٠ ، ٧٠ ، ٦٠ فى المائة على التوالى ، فواضح أنه ليس من الصواب أن ندعى أن ٦٢٪ خلو من البرد فى المجموعة المتعاطية للفيتامينات كانت تعنى أى شىء • فمن أجل أن تحكم بما اذا كان الفرق بين مجموعتين من المشاهدات له دلالة احصائية ، من الضرورى أولا معرفة ما هو مقدار الفروق التى تحـدث فى الظـروف العـادية فى كلا المجموعتين عند اعتبار كل منهما على حدة • وواضح أنه اذا كانت نسب الذين

لا يصابون بالبرد مع الفيتامين هى ٦٢ ، ٧٠ ، ٤٠ ، ٥٠ بالمائة فى أربع أعوام متتالية ، بينما كانت نسب هؤلاء الذين لا يتعاطون الفيتامينات هى ٥٠ ، ٤٠ ، ٧٠ ، ٦٠ بالمائة ، فليس هناك أى فرق ذى مغزى احصائى بين الـ ٦٢٪ من الذين لم يصابوا بالبرد مع تعاطيهم الأقراص والـ ٥٤٪ من الذين لا يتعاطون الأقراص فى عام واحد بالذات . ومن جهة أخرى ، اذا كانت الأرقام هى ٦٢ ، ٦١ ، ٦٥ ، ٦٠ فى المائة لهؤلاء الذين يعالجون و ٥٤ ، ٥٣ ، ٥٥ ، ٥٢ فى المائة لهؤلاء الذين لا يعالجون فالواضح بالمثل أن الفرق بين مجموعتى الأرقام له مغزى من النواحى الاحصائية .

ومسألة درجات الدلالة هذه مسألة هامة . فالاحصائى نادرا ما يكون متأكدا من حقيقة أى شىء . ومايستطيع أداؤه هو أن يحسب مقدار احتمال صحة أى حالة . فيمكن على سبيل المثال ، حساب أن فرقا ملاحظا فى محاولة ما له دلالة عالية ، ن = ٠٫٠٥ . تدل على أن مرة واحده فى عشرين مرة يحدث الفرق بالمصادفه ، حتى يبدو محتملا جدا أنه ليس من قبل المصادفة . فاذا كتب الاحصائى أن شيئا له مغزى احصائى عال ، ن = ٠٫٠١ ، فذلك يعنى أن من المحتمل جدا أنه حقيقى ، ولكن هناك فرصة واحد من ١٠٠ أن الأمر كله مصادفة .

والاحصائى محق تماما فى أن يكون غير واثق . وقد يبدو غريبا بعد مناقشتنا المطولة للعلم فى الفصول السبعة السابقة من هذا الكتاب ، وبعد تعريف العلم تكررا على أنه شىء مؤسس بدقة على الحقائق ، أن نصل الآن الى المرحلة التى نزعم فيها أن التأكد لايمكن غالبا الحصول عليه فى العلم . فقد تكون لدينادرجة عالية من الاحتمال فى أحيان كثيرة تماما ، ولكن التثبت المطلق نادر فقط . والرياضة مادة نظرية خالصة يمكننا فيها أن نحدد الحقائق والظروف لتلائم أنفسنا . ففى الرياضة يمكننا أن تثبت كما فعل فيثاغورس فى الأزمنة القديمة ، أنه فى المثلث القائم الزاوية يكون مربع الوتر مساويا مجموع مربعى الضلعين الآخرين . ولكن ذلك مفهوم نظرى فقط . فهو ليس صحيحا فى الحياة الفعلية .

وقد أظهر ذلك كله بوضوح تام ج.ل . سينج فى عام ١٩٥١ ، خذ مسطرة جيدة ، وقطعة من الورق ، ومثلثا للرسم وارسم مثلثا قائم الزاوية طول كل من

ضلعيه المتعامدين قدم واحد بالضبط • وينتج ، على ذلك ، أن المربع المقام على الضلع الثالث يكون ١^٢ + ١^٢ ، أى ٢ قدم مربع • والآن ، قس طول هذا الضلع بعناية وستجد أن طوله ١ر٤١٤ قدم • ولكنك اذا ضربت ١ر٤١٤ فى نفسها لا تحصل على ٢ كالاجابة • فستحصل على ١ر٩٩٩٣٩٦ والنظرية ، كما وضعناها فى الفصول السابقة من الكتاب ، تقول أننا لا بد أن نحصل على ٢ ، ولكننا لم نحصل على ذلك بالضبط • والفرق بسيط ، ولكنه ليس تافها • وكما سأحاول أن أصف بعد قليل ، فوجوده يكون ذا أهمية رئيسية فى التفكير العلمى الحديث تأمل الآتى • بدلا من رسم المثلث بقلم وورقة ، دعنا نحفره على صفيحة من البلاتين المصقول ونحدد وضع الاضلاع بميكرسكوب • وحتى اذا تم عمل ذلك فان طول الوتر سيظل غير مساو بالضبط للجذر التربيعى ٢/ • وكما أثبت فيثاغورس أن المربع على الوتر مقداره ٢ ، أظهر يوكليد بدوره أنك لا يمكن أن تحصل على ٢ بتربيع أى عدد على هيئة كسر عشرى محدد حتى لو مددته الى مليون رقم عشرى •

وهناك بالطبع ، عدد من الصعوبات تمنع الفرد من الحصول على دقة فى قياس الرتبة المثلة بمليون رقم عشرى ، أو أى شىء يماثلها • بعضها مجرد صعوبات فنيه قد يمكن التغلب عليها • ولكن الصعوبه الأساسيه أنك فى النهاية ستجد نفسك محاولا أن تقيس مسافات تقارن بتلك التى بين جزيئات البلاتين المكونة للصفيحه ، ثم بين الالكترونات الدائره حول نوايات ذرات البلاتين — ويصبح خطك المستقيم ، كما لو أنه ، يجاهد لتعيين الحدود المضبوطة لسحابة سديمية ذات جسيمات ذرية أولية •

والفهم الاحصائى للحقيقة يمس العلم الحديث عند كل نقطة • فحتى كيماويو القرن السابق الألمان القدماء قد دفعوا جزية لقوانين الاحتمالات ، بالرغم من أنهم نادرا ما أدركوا أنهم قاموا بذلك • وهناك مثل بالالمانية لقدماء المشتغلين بالمعامل يقول ما معناه •• « أن تحليلا واحدا ليس تحليلا بالمرة » — ففى الواقع قد تكون النتيجه مصادفة • غير أنه ، اذا حدث عند تحديد كمية النتروجين فى مركب ، مثلا ، أن حصل المحلل على نتيجتين متقاربتين تماما مثل ٦ر١٤٣ ، ٦ر١٤٤ (وهى درجة الدقة التى يجب أن تعطيه الطريقة النموذجية للنيتروجين) فليس هناك داع بالنسبة له لأن يجمع أى احصائيات أكثر ، بشرط أن يكون مشتغلا ماهرا • وفى الوجهة

الأخرى ، كان للتقريب الاحصائي للحقيقة دخل لدرجة كبيرة تماما فى اكتشاف التشكيل الكيميائى لفيتامين ب١٢ ، وهى مادة غريبة تدعى الكوبالامين ، والتى تقوم بأداء وظيفة رئيسية فى تكوين كرات الدم وعلاج الأنيميا الحادة .

والدليل المبنى على محاولات أجريت على حيوانات وعلى علاج المرضى الذين يعانون من الأنيميا الحادة أظهر أن الكبد يحتوى المادة العلاجية الفعالة التى كانت تسمى بفيتامين ب١٢ وشرع رجال البحث لذلك فى العمل على استخراج الفيتامين من الكبد وتركيزه . ولكن فى كل مرة صنعوا فيها مستخرجا من مادتهم التى بدأوا بها فى محاولة لفصل مادة الكبد الخاملة من الفيتامين ، كانوا يجبرون على الانتظار حتى يختبروا جزئى المادة الناتجة ليروا أيا منهما احتوى القاعدة الفعالة . وكانت هذه طريقة للاختبار بطيئة للغاية . ثم اكتشف بعد ذلك أن نوعا بالذات من الكائنات الدقيقة النامية على وسط خاص قد تجاوب مع وجود فيتامين ب١٢ . وواضح أنه كان من الأسرع والأنسب دائما أن تختبر تجهيزات فيتامين ب١٢ فى المعمل بتأثيرها على النمو البكترى بدلا من حقنها داخل حيوانات مصابة بالأنيميا وانتظار الاستجابة فى دمها .

وحتى بالرغم من أن استخدام نمو الكائنات الدقيقة كان طريقة أسرع وأنسب كثيرا لقياس فاعلية الفيتامين فى التزايد التدريجى فى عدد كرات الدم الحمراء لجرذ مريض ، فهى أيضا لها تعقيداتها الفنية . فأولا ، حتى اذا كان أحد التركيبات المختبرة يحتوى من فيتامين ب١٢ ضعف ما يحتوى الثانى وكان تركيب ثالث يحتوى ثلاثة أضعاف المقدار ، فان التزايد فى معدل نمو الكائنات الدقيقة الحساسة لن تكون له العلاقة المباشرة ١ ، ١ × ٢ ، ١ × ٣ ، فحتى اذا لم يوجد أى فيتامين على الاطلاق فقد يوجد بعض النمو . فأول اضافة للفيتامين ربما تزيد النمو بمقدار ٥٪ ، وضعف المقدار يزيدها بنسبة ٨٪ ، وثلاثة أضعاف المقدار ، مثلا ، بعشرة فى المائة . ومن أجل معرفة كمية الفيتامين الموجودة فى تركيب غير معروف قد يلزم مقدما ، لذلك ، اعداد رسم بيانى يوضح استجابة الكائن الدقيق للمقادير المتزايدة .

ولكن تعقيدات أكثر من ذلك تنتظر الباحث العلمى . فاذا حدث بالمصادفة أن كانت المادة التى يختبرها أكثر فاعلية مما توقع فان أول وحدة كمية يستخدمها فى تجربته قد تعطى الاستجابة القصوى . وعندما يستمر فى تجربة تأثير ضعف

وثلاثة أضعاف المقدار فلن يحصل على زيادة أكثر فى الاستجابة من كائنه الاختبارى • وثمة مجموعة أخرى من الصعاب تنشأ من قابلية التغير الممكنة للكائن الدقيق الذى يستخدمه • ويؤدى ذلك الى ملاحظة أن درجة معينة من النموفىيوم ما تمثلكمية معينة من الفيتامين الفعال بينما قديكون نفس القدر من النمو فى يوم آخر ، فى الواقع ، دالا على كمية مختلفة تماما • وبالرغم من كل هذه الصعاب معذلك ، فان استخدام الطريقة الاحصائية للتقريب قاد الى أسلوب عمل يمكن به حساب ، أولا ، كم من فيتامين ب١٢ الفعال مسئول عن الاستجابة البيولوجية على كائن التجربة الدقيق ، وثانيا درجة الخطأ التى يمكن أن تكون موجودة فى الرقم المحسوب وما هى الفرص فى أن يصبح هذا الخطأ ، فى الحقيقة، ضئيل القيمة •

واستخدام الاحصاء بهذه الطريقة ، لرؤية الترتيب والدقة فى المجال المتسع لقابلية التنوع البيولوجية ، قد تحقق بالعزل النهائى لفيتامين ب١٢ المتبلورالنقى ، كوبالامين ، أصبح يمثل عنصر تحدى للكيماويين العضويين •

والتقريب الاحصائى للحقائق يعطينا طريقة ما اذا كانت الفروق الصغيرة موجودة حقا أم غير موجودة بمقادير كمية ، أو بقول أدق ، ما اذا كانت الفروق الصغيرة المقدار لها دلالة احصائية أى ، دلالة هامة عند أى درجة معينة من الاحتمال • والآن ، عندما يكون لدى مشاهد آلة لها القدرة على القياس بدرجة كبيرة من الدقة ففى امكانه ملاحظة ، بدون الحاجة الى الاحصائيات على الاطلاق ، أن مجموعتين من المشاهدات مختلفتان • وعلى سبيل المثال ، فالرجل الذى لديه أجهزة أولية فقط قد يشك فى أن الماء الثقيل — أى د٢ أ — أثقل من الماء « العادى » يد٢ أ ، ثم يحسب ما اذا كان بينهما فرق ذو مغزى احصائى • وعندما تسمح له آلته بالقيام بعمل مشاهدات أكثر دقة فسيرى على الفور أن السائلين مختلفان •

وتعتمد تقريبا كل المعرفة التى لدينا عن العلم ، سواء كانت تتعلق بالكيمياء أو الاحياء أو الفيزيقا على القياس • ولكن تتضح الآن الحقيقة بأن مقدرتنا على القياس لها حدود معينة • وقد أشرت بالفعل الى يوكليد فى تأييد الحقيقة بأننا لا نستطيع قياس مسافة تعطى الرقم ٢ بالضبط عند تربيعها • والسبب فى أننا

لا نستطيع ذلك هو نقص المهـارة بعض الشيء ولكنه أيضا ناتجـا نوعا ما عن الطبيعة الفلسفية للأشياء • وبالاختصار ، أن ٢ ليس لها جذر تربيعي محـدد • وهذه الحقيقة ، جزء من المعرفة •

وهناك سجع غير مهذب عن جوويت ، المدير المشهور لكلية باليول باكسفورد، الذي جاء كما يلي :

أولا جئت أنا ، اسمي جوويت ليست هناك معلومات الا وأعرفها

أنا مـدير هـذه الكليـة مالا أعـرفـه ليس بمعـلومات

وأنا أتخيل أن هناك قليلا منا يمكنه أن يقف ويعلن أنه لم توجد معلومات لم يعرفها • ومن ناحية أخرى هناك صدق في فكرة أن مالا نعرفه ليس بمعلومات• فقبل اكتشاف الهيدروجين الثقيل بواسـطة هـ • س • يورى فى عام ١٩٣١ ، والتعرف على الماء الثقيل بالتالى ، لم يكن هناك من يعرف أنه موجود ، بالرغم من أن كثافته النوعية هى ١٠٧٧٥ر١ بمقارنتها مع ٠٠٠ر١ الخـاصة بالمـاء ، ونقطة غليانه هى ٤ر١٠١ درجة مئوية بينما الخاصة بالماء العادى هى ١٠٠ درجة مئـوية •

والآن ، واضح أن قوانين دالتون للكيمياء المفترضة لأول مرة فى عام ١٨٠٣ كانت هى الحقيقة • بناء على القاعدة بأن ، «اثبات طعام خاص يكون عند آكله»• وقد أنجزت أشياء عظيمة بافتراض أن قوانين دالتون صحيحه ، كما استوعبت ظواهر ، وحققت مصانع كيماوية شأنا اقتصاديا عاليـا وأنتجت للبيع أصـنافا كافية تتدرج من الأسمدة الى الطلاء ومن حامض الكبريتيك الى أملاح ابسوم • وكانت أحد قوانين دالتون الأساسية هى أن كل عنصر كيميائى يتكون كلية من نوعه الخاص من الذرات يختلف عن أى نوع آخر ، وأن جميع ذرات أى عنصر واحد متماثلة • وهى الخاصية التى كانت مهمة بالذات بالنسبة للوزن • ويعرف هذا الافتراض أحيانا باسم « قاعدة التماثل » •

والشيء الغريب هو أنه ، بالرغم من الحصول على مجموعة من نتائج عملية بافتراض صدق قانون دالتون هذا ، فقد كان صحيحا فقط طالما أن أجهزة القياس الموجودة فى القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين ظلت على درجة غير كافية

من الدقة لتكتشف أن ذرات العنصر ليست كلها متماثلة فى الواقع • فمثلا بالرغم من أن أغلب ذرات الأوكسجين لها وزن ذرى ١٦ ، فهناك بعض القلة النادرة وزنها الذرى ١٧٫٠٠٤٥ • ولا يوجد فى الظروف العادية التى يعمل فيها الكيماويون فرق ذو أهمية احصائية بين مجموعة من مليون ، مثلا ، من ذرات الأوكسجين ، ومجموعة أخرى تحتوى على مليون آخر من ذرات الأوكسجين • ولا يعنى ذلك ، مهما كان ، أن الذرات تكون جميعها متشابهة ، فهى تعنى فقط ما تقوله ، أنه ليس فى امكان الكيماويين عادة اظهار أنها مختلفة •

ويروى البروفسور هانسون قصة أنه عندما تصور رذرفورد أول الأمر فكرة أن الذرات كانت مثل صورة مصغرة من الأنظمة الشمسية ، بشمس كبيرة (أى ، النواة) فى المركز ، ومجموعة من الكواكب السيارة (بالتحديد ، الألكترونات) تدور حولها ، كان هناك أناس رأوا أن الألكترونات قد تكون حقيقة كالكواكب السيارة ، بجبال وأنهار عليها ـ وقد تحوى قوما متناهين فى الصغر ـ وكل منها يختلف ، بنفس الطريقة التى يختلف بها مارس وفينوس وعطارد والأرض •

وتؤدى بنا هذه الفكرة الى نقطة جديدة عن الحقائق العلمية وصدقها • فنحن باستطاعتنا عمل أشياء معينة بالألكترونات ـ على سبيل المثال ، نصنع منها صور التليفزيون على شاشة كاثودية ـ فمن المستحيل لها أن تختلف كثيرا واحدا عن الآخر • وأحسن ما يمكن أن تقوله لنا الطريقة الاحصائية للتقريب ، التى ظللنا نمتدحها كثيرا حتى الآن ، أنه اذا اختلفت الألكترونات عن بعضها فليس باستطاعتنا قياس ذلك • واذا كانت مختلفة فلن يمكنها أن تختلف لأكثر من جزء واحد فى ١٠٠٠٠٠٠ • ولكن الأمر يختلف كثيرا بالنسبة للعالم حين يقول « أنا لا أستطيع تمييز أى فرق بين الجسيمات المفردة التى يصنع منها الكون » ، بدلا من أن يقول «أن الجسيمات المفردة متماثلة» • فتعنى العبارة الأولى أنه قد يمكن لتيار كهربائى يسرى عبر سلك أن يتكون من خيط من الألكترونات ، كلها متماثلة بالضبط ولكن مع وجود واحد كبير غير عادى بين الحين والآخر ، فقط قد يكون الألكترون الشاذ ماضيا بسرعة كبيرة حتى أننا لا نراه أبدا ، فلو

أن ذلك كان صحيحا فقد يعرض جميع أنواع الاحتمالات ــ حتى بالنسبة للمعجزات ــ وذلك لا تسمح به عقيدة العالم عن دنيا مرتبة .

فما يقوله العالم ، فى الواقع ، هو : أن رياضيات نظرية الكم بأكملها ، التى بنى عليها الفهم الحالى للمادة ، تعتمد على القاعدة بأن الجسيمات الأولية لأى نوع واحد تكون متماثلة . والتفسير المقبول لكيفية أنه لا بد أن يكون كل الكترون متشابه ، ولماذا لا يمكننا فى نفس الوقت ، التسليم بأن البعض قد يكون مختلفا فيما عدا فرق بسيط لدرجة أنه لا يكون ذا دلالة احصائية هو الآتى . فمفهوم الآن ، أن الألكترون ، لا حجم له . فهو مجرد مكان ، يوجد عنده انحدار جهد . وللتعبير عنها بطريقة أخرى يمكن القول بأن من المحتمل بناء نموذج كبير لألكترون . ففي الهندسة ، ستتذكر ، توصف النقطة على أنها موضع ليس له طول ولا عرض ولا سمك . والألكترون مثل هذه أيضا . وبالتالى حتما ، لذلك ، فان كل الألكترونات ذات حجم واحد .

ولنتأمل تفاحة تسقط الى الأرض طبقا لقوانين نيوتن للحركة . فالتفاحة حقيقة ، وسقوطها حقيقى . ومن ناحية أخرى ، فقوانين نيوتن للحركة أفكار . ويمكن اختبار وتقدير صحتها . والدقة التى تصف بها الأحداث الحقيقية يمكن حسابها طبقا لقواعد الاحصاء . والتفاحة شىء كبير أما الألكترون فصغير . فبينما يمكننا أن نجادل فى أن المعلومات والصواب والحقيقة تختلف عند تطبيقها على التفاح عن المعلومات التى لدينا عن آراء وقوانين نيوتن ، عندما نعتبر الجسيمات الميكروسكوبية فى الفيزيقيا ، فنوع المعرفة التى لدينا عن « الأجسام » كالألكترونات والفوتونات تماثل بدرجة كبيرة نوع المعرفة التى لدينا عن نظرية الكم وقوانين نيوتن للحركة ، التى ليست « أشياء » على الاطلاق ، بل أفكارا .

وقد أمضى برتراند راسل حياة طويلة يتأمل فى طبيعة الصواب والمعرفة . ففى رأيه أننا لا ندرك العالم الخارجى مباشرة ؛ فالذى نراه هو صور فى رؤوسنا فستنتج منها أى نوع من العالم يكون هو فى الواقع . ولكن لا بد أن يسمح لنا فى نفس الوقت بأن نفترض أن الصور فى رؤوسنا هى على الأقل شىء مثل حقائق الطبيعة ، والا فان الفهم يصبح مستحيلا . وبلغة فيلسوف ــ ويجب أن

تتذكر دائما أن العلم هو ، فى الواقع « فلسفة طبيعية » ــ يصف برتراند راسل هذه الطريقة للمعرفة على أنها « استدلال غير ايضاحى » •

ففى العالم العادى المستمر الذى يتم فيه أغلب تفكيرنا العلمى يوجد عدد من العوامل التى تمنع وثوقنا من المشاهدات والقياسات التى نجمعها بكل جد والتى نبنى منها الفروض التى نأمل أن نؤكدها كقوانين طبيعية • وهذه هى ، أولا ، مشكلة معرفة أن ما نراه ونقيسه هو حقيقة وليس تخيلا • وهذه الصعوبة لا يستهان بها • فبصرف النظر تماما عن خطر الاعتقاد بأننا رأينا طبقا طائرا أو ملاكا ذا سيف حاد أو جنية ، هناك الصعوبة فى معرفة ما اذا كنا نلاحظ الشمس تتحرك فى مدارها حول الأرض ، أو ، بطريقة أخرى ، ما اذا كان دوران الأرض حول نفسها هو الذى يعطى التأثير بتحرك الشمس • وثانيا ، هناك الصعوبة العملية الصادقة لعمل ملاحظات جيدة دقيقة • فقد ينظر عالمان مختلفان جالسان فى معملين مختلفين ، وربما فى بلدين مختلفين ، من خلال منظار مكبر الى صبغيات فأر ، مثلا ، ويصفا نفس الشىء باختلاف كبير • وقد تؤثر الكلمات التى يكسوا بها الحقائق التى يريانها على استيعابهما لهذه الحقائق • وعندما استعمل داروين التعبير « الصراع من أجل البقاء » ، وفكرة صراع طبيعى عن « الطبيعة ، حمراء السن والمخلب » ، صبغ أفكار الناس ــ لدرجة كبيرة بدون وجه حق ــ عن ماهى حقائق المادة التى كان ينوى أن ينقلها لهم •

وبجانب فهمنا الغير مطمئن للحقيقه ، ومشاهداتنا الغير دقيقه ، والكلمات الغير مضبوطة التى نسجلها بها ، فنحن أيضا مقيدون برغبتنا فى انتقاء سبب للحقائق التى نعتقد أننا ندركها ، والأسوء من كل ذلك ، بعدم وثوقنا فيما اذا كان ما نحسب أنه حقائق هو وليد مصادفات فقط •

ويحتاج العلماء أن يأخذوا حذرهم من المصادفة وعدم التأكد عند مستويين • فقد كانت هناك المناسبة المشهورة لمضاد الحيوانات باثولين الذى بدا ، لأول وهلة ، أنه الاكتشاف العلمى الذى كان ينتظره العالم : المانع الأكيد للبرد • وقد رش محلول من الباثولين فى أنوف مجموعة كاملة من المتطوعين ، ولم يصب أحد منهم بعد ذلك بالبرد • ولسوء الحظ ، كانت هذه مصادفة فقط تابعة من تقلبات برد الشتاء الذى ، تبعا لتقديرنا ، قد تعودنا عليه • ووضعت الرياضيات العنيفة

لعلم الاحصاء بالتالى نهاية لعدم الوثوق من المشاهدة الأصلية وأثبتت أن الباثولين لا يبدى أى مفعول ذا أهمية .

ولكن المستوى الجديد من عدم التأكد الذى يجب أن يواجه به العلماء حقائقهم ينبع ، كما ذكرت فى الفصل الثالث من هذا الكتاب ، من مدركاتنا الجديدة عن الفيزيقا الذرية . وقد أشار هيونبرج نفسه أن ميكانيكا الكم ستكون فعالة فقط على المفهوم الضمنى بأن من المستحيل تحديد كل من الوضع والسرعة لجسيم ذرى . اذ يمكننا أن نقوم اما بعمل قياسات دقيقة عن السرعة متنازلين عن المعلومات عن الوضع ، أو يمكننا القيام بملاحظات دقيقة عن الوضع مغفلين بذلك معلوماتنا عن السرعة . وفى كلمات هيزنبرج نفسها يقول ، « ان المعلومات الغير كاملة عن نظام ما لا بد أن تكون جزءا أساسيا لكل صيغة تصاغ بها نظرية الكم » .

وفى الفيزيقا والكيمياء المتسعتى المدى التى تعودنا غالبا على التعامل معهما ، يمكننا التكهن بدرجة كبيرة جدا من الثقة مما يسمى بقوانيننا الطبيعية . فمنضدة ، على سبيل المثال ، تتكون من عدد هائل من جزيئات متكونة من جسيمات كلها فى حالة تذبذب شديد . ومن المقنع أنه يمكن للحظة واحدة فقط من الزمن أن تتذبذب الجسيمات كلها فى توافق فى اتجاه واحد حتى أن المنضدة تطير الى السقف . ذلك مقنع ، ولكنه غير محتمل لدرجة عالية . وفى قول آخر ، فان القوانين الاحصائية التى تحكم كل جزئيات المنضدة تؤدى الى مثل هذه الدرجات العالية من الاحتمال حتى أنه يمكننا أن تتأكد (كما تتأكد من أى شىء) أن المنضدة لن ترتفع . فبدلا من ذلك ، فهى ستخضع « لقوانين الكيمياء والفيزيقا » . ولكن الأمر ليس كذلك فى شئون الفيزيقا الذرية ، ففى القنبلة العادية الشديدة الانفجار يمكن التنبؤ بقوة الانفجار بالضبط من كتلة المادة المتفجرة وتركيبها الكيميائى . أما فى القنبلة الذرية ، مهما كان ، فان الحد الأدنى والأعلى لشدة الانفجار هو ما يمكن تقديره ، وليست القوة المضبوطة للقنبلة موضع البحث . فذلك مستحيل ، حيث أنها تعتمد على سلوك عدد قليل فقط من الذرات فى لحظة التفجير ، وبالرغم من كل تعمقنا العلمى ، فسنظل دائما غير متأكدين أى الذرات التى تشع جسيمات ألفا الخاصة بها فى اللحظة الحرجة عندما يسحب الرجل الزناد .

الفصل التاسع

الفلك العلمى

للفلك صفات عديدة جديرة بالاعتبار تؤهله لأن يوضع فى مكانة متقدمة بين الأقسام الأخرى من التفكير البشرى المنطقى المتقدم الذى نبجله باسم العلوم. فكبداية ، يتعامل الفلك مع أشياء ، تعتبر صعبة المنال تماما ، حتى فى العصر التكنولوجى الحالى . فكل المعلومات الفلكية هى نتيجة استنتاج ذهنى مستنبط من اختبار أشعة ضوء هبائية أو أنواع معينة من موجات لاسلكية . ومع ذلك فكما أشرت من قبل ، تمكن الانسان باستعمال قدرته على التفكير فقط ، من اكتشاف ، بدرجة من الوثوق كما لو أنه قد ذهب الى النجوم للتأكد ، ان قوانين الحركة التى تطبق على الأشياء التى تتداولها على الأرض تنطبق أيضا على الاجرام السماوية . أى أن « الفيزيقا » فى الفصل المدرسى أو المعمل الصناعى فى دولة محدودة كبريطانيا العظمى تنطبق على النجوم أيضا . وقواعد الكيمياء تطبق فى السماوات كذلك . فقد أوضح المنظار الطيفى لبنزن وكيرشوف أن القمر ليس مصنوعا من جبن أخضر ولا النجوم من بعض مركب ما يستحيل التفكير فيه أو يفوق الوصف . فان نفس العناصر الكيميائية المألوفة التى نعرفها هنا فى عقر دارنا هى ما تتكون منه النجوم والكواكب . أو اذا كانت النجوم كبيرة جدا ، فان قوانين الفيزيقا يمكنها تفسير ما تصنعه الحرارة الهائلة والضغط العالى لتكوين عناصر ما بعد اليورانيومية لا تختلف كثيرا عن تلك التى يمكننا صنعها بأنفسنا فى المصانع الضخمة ببركلى بكاليفورنيا ، أو فى الكلية الامبراطورية للعلوم والتكنولوجيا بلندن .

والتحول الذى حدث فى تفكيرنا خلال مجرى التاريخ عن أهمية الفلك على الحياة البشرية يعد تذكرة مفيدة لاحتمال الخطأ ولخطورة الاعتقاد بأننا ذووا أهمية كبيرة فى عصر القوة العلمية الحالى الخاص بنا •

فلقرون مضت ــ وحتى الى يومنا هذا ــ أثرت تحركات الشمس والنجوم على حياة الناس وتحكمت فى مصائرهم • فقد أعطت تحركات الشمس فى أرض ليست مستكشفه شعورا بالأمان وتقديرا للاتجاه • فلم يكن الوقت بالنسبة للمصريين القدماء منتظما كما هو بالنسبة لنا فى هــذه الأيام • فكانت ساعاتهم ذات أطوال مختلفة •

فكانت ساعات وسط النهار أطول من ساعات الصباح والمساء ، لأن الوقت كان يقاس بواسطة الظل المتحرك لعصاة • ولأن القوس المستعرض بواســطة الظل كان يقسم مجازا الى قطع ذى أطوال متساوية ليحدد الساعات ، فان فترات الوقت التى تمثلها لم تكن متساوية • وحتى عندما تقدم التكنيك بدرجة كافية ليسمح بانشاء ساعة ماء يرتفع فيها رقم مشير كلما ملأالماء المتساقط اسطوانة كانت الساعات التى حددها الرقم غير منتظمة لأن ساعات الظل لم تكن منتظمة • ولكن فى حالة احساسنا بميل زائد للتهكم ، لا بد أن نتذكر أننا كان علينا أن نحدد ساعاتنا خطأ ــ وذلك عندما يصدر الأمر « بالتوقيت الصيفى » أو « ضعف التوقيت الصيفى » قبل أن نتمكن من حمل أنفسنا على الاستيقاظ فى السادسة فى حين نشعر ، أن الوقت المعتاد للاستيقاظ هو الساعة السابعة •

وقبل أن نستهجن فى تقزز الخرافة الغير منطقية لأجيال الناس المتعلمــين الذين اعتقدوا أن موضــع النجــوم يمكن أن يؤثر فى مصــائرهم والذين لم يتخذوا أى خطوة هامة قبل اســتشارة منجــم ليتأكدوا أن السماوات كانت راضية عن مشروعهم ، لابد أن نعكس أن بعض رواسب هذه الأشياء مازالت باقية • وأنا لا أشير الى الهراء المطبوع فى الجرائــد فى عواميــد « تنبؤات النجوم » • فان ما أشير اليه هو الحقيقة بأن اليهود ، بالرغم من أنهم قد أمدوا العالم بحصة عظيمة فى الفكر الفلسفى ، فقد أرهقوا فى الوقت ذاته الأجيــال المتتابعة بعدد من الصعوبات بسبب قصورهم كفلكيين •

فاليهود ، فى الواقع ، لديهم أحد أســوأ التقــويمات السنوية بين الناس المتمدينين • فالبرغم من أنهم اذا درسوا الأمر بجد كان بامكانهم أن يقــوموا

بأحسن من ذلك ، فقد اختاروا أن يستعملوا سنة مكونة من اثنى عشر شهرا كل منها تسعة وعشرون يوما ونصف • ووصلوا بهذا الى سنة طولها ٣٥٤ يوما ــ « سنة خرقاء وغير علمية بقدر ما يمكن تخيله » ، كما وصفها رودلف ثيل • والأيام الخاصة التى حددتها الشعوب المسيحية على حدة كأيام مقدسة ــ كعيد القيامة وعيد الخمسين ــ لا تزال يحكمها التقويم العبرى • فعيد القيامة محدد كعيد الفصح عند اليهود ، الذى يحتفلون به فى أول يوم أحد بعد القمر الربيعى الكامل • وذلك قد يأتى فى أى يوم بين الحادى والعشرين من مارس حتى الثامن والعشرين من أبريل ، أو حوالى ذلك •

وان ما يستوجب اهتمامنا أن تتذكر العناد والغباء والأفكار الراسخة الثابتة لأسلافنا ، فالتقدمات فى استيعابنا لحقائق الفلك كانت سريعة ، والنتائج التى يجعلنا المنطق العلمى نسلم بها كانت مدهشة ، لدرجة أنه بالرغم من أننا قد لا نستطيع اكتشاف أى فجوات فى المناقشة ، فلابد أن نتذكر فقط أن نتمسك باجاباتنا طالما أن الحقائق تعضدها •

فقد نظر كوبيرنيكوس ، المولود باسم نيكلاس كوبرنيك فى بولندا ، نظر الى السماوات فى أوائل القرن السادس عشر ووجد أنها فى حالة من التشابك المعقد • ولكن حتى عندما مكنته ملاحظاته وتفكيره من الوصول الى أن الاعتقاد القديم بأن الشمس تلف بنفسها حول الأرض فى مدار حلزونى ــ الذى كان معتقدا بصفة عامة قبل وقته ــ لابد أن يكون خطأ ، اذ لم يستطع أن يجعل حساباته المبنية على نظريته الجديدة تأتى مضبوطة تماما • فكانت نظريته (كما قد تقول الآن بعجرفة) صحيحة تماما ــ أن الأرض والكواكب تدور حول الشمس ومع ذلك كانت نظرة كوبيرنيكوس العميقة الهائله ومقدرته الرياضية معطلة ، كما فشلت حساباته الخاصة بمدارات الكواكب لافتراضه أن هذه المدارات كانت دائرية بينما هى ، فى الواقع ، بيضاوية الشكل• والسبب فى أنه لم يكن باستطاعته تحدى هذا الافتراض الأصلى والغير مثبت كان لأنه لم يستطع تصور أن الخالق قد استخدم لمدار كواكبه السيارة أى شىء عدا شكلا كاملا تماما ــ بالتحديد هو الدائرة •

وكان تيكوبراه ، الفلكي الدانمركي الذي أعقب كوبيرنيكوس والذي كان متمكنا من المادة معظم فترات حياته ، ملاحظا موهوبا • فقد صحح لأول مرة منذ قدماء اليونان التحركات السماوية المسلم بها وتجاوز عن الأخطاء الناتجة عن الانكسارات الجوية • ومع هذا فقد كانت استنتاجاته النظرية غالبا غير صحيحة • أما جوهانس كبلر ، الذي كان يعمل في وقت ما مساعدا لبراه ، فقد كان نظريا أكثر منه ملاحظا • فكان هو الذي تمكن من اقتحام مجال ذهني جديد ومن حساب المدارات الصحيحة للكواكب • وليكن في الذاكرة أن هذا التحصيل الهائل في التفكير العلمي قد أنجز بواسطة رجل يعيش في مجتمع كان فيه مجبرا في أواخر أيام حياة والدته على أن ينفق كثيرا من طاقته في اعداد دفاعها ضد مجموعة من الاتهامات القانونية بالشعوذة !

أين نقف الآن ونحن نطبق معلوماتنا الحالية من الكيمياء والفيزيقا على النجوم والكواكب التي نراها في السماء ؟ لقد أشرت من قبل الى استخدام جوستاف كيرشوف للمنظار الطيفي • وقد مكنته هذه الآلة الضوئية البسيطة من التعرف بتأكيد على العناصر التي تتكون منها الأرض • فالصوديوم المسخن لدرجة التوهج يعطي لهبا أصفرا ، يظهر في المنظار الطيفي على هيئة خط أصفر • وضوء الليثيوم أحمر وبرتقالي ، وضوء الباريوم الأخضر يظهر له أربعة خطوط ذات ألوان مختلفة عند فحصه بالمنظار الطيفي • وكل عنصر له خطوطه المميزة • بعضها بسيط وبعضها معقد • فالحديد ، على سبيل المثال ، له أكثر من ألف خط •

واكتشاف كيرشوف جعل من الممكن عمل التحليل الكيميائي للنجوم عن بعد — وفي الواقع عن بعد شاسع تماما — وغني عن القول أننا بهكذا نجد الأوكسجين والنيتروجين في سديم الجوازاء الهائل • وكانت أكبر نتيجة مدهشة للدراسة العميقة التي أعقبت مشاهدات كيرشوف الأصلية في عام ١٨٥٩ اثبات تدريجي لحقيقة أن كيمياء النجوم تشابه كثيرا الكيمياء العادية التي نعرفها جيدا على الأرض في معاملنا • اذ توجد الذرات والألكترونات أيضا في كرات الغاز السماوية الساخنة التي نراها على هيئة نجوم ، تماما كما توجد في الشمس • ويوجد عدد بسيط من مركبات الكربون في النجوم الحمراء الأقل برودة ، كما لوحظ بعض من أكسيد التيتانيوم وأوكسيد الزركون أيضا • بل يبدو

أننا جزء من الكون أكثر مما يمكن أن تتخيل • فليست العناصر العادية فقط موجودة فى النجوم ، بل ، باستثناء حالتين ، توجد كميات العناصر المختلفة مثل الكربون والأوكسجين والنيتروجين والمعادن الخفيفة كالألومنيوم والمعادن الأثقل كالرصاص والذهب ، بنفس النسب فى الأجرام السماوية ، كما هى موجودة على الأرض • والحالتان المستثنتان هما الهيدروجين والهليوم • فالأرض بها قليل من الايدروجين وهليوم أقل •

وهذه هى أخف العناصر • فعندما تملأ بالونة بالهيدروجين (أو الهليوم) فهى ترتفع فى السماء ، وفقط عندما يتسرب الغاز يسقط الغلاف الفارغ • فجسيمات الغاز مرتبطة بقوة الجاذبية الأرضية ارتباطا ضعيفا ، لكن ، حتى مع ذلك ، فقد هرب ، على مر الأزمنة ، كثير من الهيدروجين والهليوم من العالم أجمع الى الفضاء كلما بردت الأرض •

وقد قاد التفكير المنطقى عن الحقائق المشاهدة وهو التفكير الذى يرسم طريق العلم كما يتناوله هذا الكتاب الى مزيد من الاستنتاجات الواقعية عن طبيعة النجوم التى يراها الفلكى • فبجانب اعطاء المنظار الطيفى معلومات عن تركيبها الكيميائى ، فهو يدل على درجة حرارتها •

ونحن نعرف من الخبرة العامة أن المعدن الساخن لدرجة البياض أكثر سخونة من المعدن المسخن لدرجة الاحمرار ، وأن قطعة من الحديد لونها أحمر كالكرز الفاتح تكون أسخن من أخرى لونها أحمر قاتم • وقد استخدم عمال الصلب فى المسبك هذه المعلومات كميا لسنين طويلة وأنتجوا مقياسا دقيقا للألوان مقابلا لدرجات الحرارة المئوية المضبوطة • وبالمثل ، يمكن استخدام المنظار ليعطى معلومات ، ليس فقط عن طبيعة العناصر المشعة لضوء نجم معين ، بل أيضا عن درجة سخونتها • وقد حدد ثلاثة من الفلكيين فى هارفارد ، السيدة و • ب • فلمنج ، والآنسة موري ، والآنسة كانون ، درجات حرارة ٢٠٠٫٠٠٠ نجم من مشاهدات مجموعات ألوان الطيف الخاصة بها • وقد وجدن عددا بسيطا فقط من النجوم تكون شديدة الحرارة ، فوق ٢٠٫٠٠٠ درجة مئوية • ثم تأتى مجموعة عند ٢٠٫٠٠٠ درجة مئوية وأخرى عند ١١٫٠٠٠ درجة مئوية؛ وثالثة عند ٨٫٠٠٠ درجة مئوية • وشمسنا عضو من النجوم الصفراء التى تبلغ

درجة حرارتها حوالى ٦٠٠٠ر٦ درجة مئوية ، ويلى ذلك النجوم الصفراء الباهتة عند ٤٠٠٠ر٤ درجة مئوية بينما تبلغ درجة حرارة النجوم الحمراء ٢٠٠٠ر٢ درجة مئوية فقط . وكقاعدة عامة تجمع الشواهد على أن النجوم الأصغر عمرا هى الأكبر سخونة . ومعظم النجوم ، فى الواقع ، قديمة وباردة .

ويمكن القول ، بأنه منذ اكتشف الانسان الكيمياء والفيزيقا استخدم هذه العلوم لمساعدته فى رؤية وفهم الأشياء المحيطة به . وفضلا عن ذلك فالحبر والورق منتجات للكيمياء ، وأنه باستعمالها فى الكتابة نوسع معلوماتنا ومداركنا . ولكن اليوم حين تتطلع الى السماء — أى عندما نحملق فى الكون الذى نعيش فيه — تعطينا المعلومات المتراكمة ومنطق الكيمياء والفيزيقا تعمقا واضحا ومدهشا فى طبيعة النجوم .

فقد قام اينار هيرتزبرنج الفلكى الدانمركى فى عام ١٩٠٥ باجراء عدد من المشاهدات عن لمعان النجوم المختلفة بالمقارنة بألوانها . وواضح أنه اذا وجد نجمان من حجم واحد لكن أحدهما أسخن من الآخر فان الأسخن يكون أكثر لمعانا ، وفى نفس الوقت يكون لونه أزرقا اذا كان ساخنا جدا ، أبيضا اذا لم يكن ساخنا بهذه الدرجة ، أصفر اذا كان أقل سخونة (مثل درجة حرارة الشمس فقط) ، وأحمرا اذا كان أقل سخونة عن ذلك . وبطريقة أخرى اذا كان نجمان فى درجة حرارة واحدة يكون لونهما واحدا ، ولكن اذا كان أحدهما أكبر من الآخر فانه يكون أكثر منه لمعانا .

وعندما جمعت كل هذه المعلومات معا ، وقوى تعليلها المفهوم فطريا بواسطة مشاهدات معقدة ودقيقة ، عبر هنرى راسل عن الاكتشافات فى صورة رسم بيانى . ويسمى ذلك برسم هرتزبرنج — راسل البيانى ، وهو مسلم به كأحد الرسومات البيانية الرئيسية لتشكيل الكون . ففى الركن الشمالى الأعلى رسمت أكبر النجوم وأكثرها سخونة . تلك هى العمالقة البيضاء . ورسمت أصغر النجوم وأكثرها برودة فى الركن الأسفل جهة اليمين . وتلك هى الأقزام الحمراء . ويأتى بينهما العدد الضخم من النجوم ذات الأحجام ودرجات الحرارة المتوسطة . وقد أمعن النظر فى آلاف عديدة من النجوم ولوحظ حجمها ، ودرجة حرارتها ، ورسم موقعها على الرسم البيانى لهرتزبرنج —

راسل • ووقع معظمها عند تسجيلها فى مجموعة مستقيمة تمتد عبر قطر الرسم البيانى لأسفل • وهى المسماة بنجوم المتتابعة الرئيسية ، وشمسنا الخاصة عضو متواضع فيها •

ولكن توجد مجموعتان صغيرتان من النجوم لا تقع فى المتتابعة الرئيسية • وكبرى هاتان المجموعتان المستثنتان تتكون من نجوم ذات لمعان أكثر مما يوحى به لونها • وعلى هذا ، فقط أعطى التفسير بأنها كانت أكبر ، وفى عشرينات هذا القرن ، تمكن ميكائيلسون فى الولايات المتحدة من قياس سبعة من هذه ووجد أنها كذلك • وكانت متضمنات هذه القياسات أننا لابد أن نسلم بأنه اذا كانت الشمس فى حجم كرة تنس الطاولة ، فان نجم قلب العقرب — عين العقرب — سيكون فى حجم المنطاد ، وأن واحدا من المتتابعة الرئيسية ، نجوم الأقزام الحمراء ، سيكون فى حجم ذرة الرمل فقط !

ونحن نعلم أن فى مملكة الاحياء توجد فى أحد طرفها مخلوقات فى حجم الحيتان ، ويأتى فى النهاية الأخرى للمقياس الكائنات الدقيقة التى تشاهد فقط بواسطة الميكروسكوب • وحتى فى عالم الكائنات الدقيقة نفسه توجد خمائر — هى أفيال العالم السفلى — مقابل الفيروسات الحية لمرض القدم — و — الفم التى تكون فى مثل حجم البعوضة فقط • وربما ، فى المرحلة التى وصلنا اليها فى هذا الكتاب يمكننا أن نقول أن هذا التباين المتناهى فى حجم المخلوقات الحية هو مجرد انعكاس لنفس الاختلاف فى الحجم ، على نطاق ضيق فقط ، فى الكيمياء • فالحجم الجزيئى للهيدروجين والهليوم وكذلك النيتروجين والأوكسجين والكربون صغيرا جدا عند مقارنته بحجم جزئيات المركبات الكبيرة للبروتين والسليلوز وحامض النيوكليك وبعض الفيروسات التى تكون غالبا ، على حد قولنا ، بيولوجية بقدر ما هى كيميائية • وهذه الفروق فى المقياس تكون مليون ضعف الى واحد • وبنفس الطريقة تماما لابد أن نحصل الآن على تنوع مماثل بين النجوم • ولكن ليس فقط فى الحجم •

والمجموعة الثانية من النجوم التى تظهر فى وضع غير عادى ، عند تسجيلها على الرسم البيانى لهرتزبرنج — راسل ، هى ما تسمى بالأقزام البيضاء • وقد تم التعرف على هذه النجوم ، التى تقع فى الركن الشمالى الأسفل من الرسم

البيانى ، لأول مرة حوالى عام ١٩٢٥ . وهى متناهية فى الصغر ، لكنها بيضاء . وقد استنتج واحد معين منها ، على سبيل المثال ، لأول مرة من التحركات الغير متوقعة لنجم كلب الجبار الشعرى (سيريوس) ، وعندما تم التعرف عليها وحسبت كتلتها وجد أنها تماثل الشمس تقريبا فى ثقلها مع أنها فى ضعف حجم الأرض فقط بالتقريب . وهنا نجد لدينا نجما لابد أنه مكون من مادة أثقل كثيرا من أى شىء نعرفه هنا . وفى الواقع ، دل المنطق القوى للمشاهدة العلمية على أن هذه المادة ثقلها قدر ثقل الرصاص ثلاثة آلاف مرة . ولنضعها بطريقة أخرى ، فكوب زجاجى سعته نصف كورات (١) اذا ملىء برمل من هذا النجم فانه قد يزن خمسة وعشرون طنا لو أحضر هنا .

وعندما استنتج لأول مرة أن المادة التى تتكون منها الأقزام البيضاء أثقل حوالى ستون ألف مرة من تلك التى تتكون منها الشمس ، لم يتمكن عدد من الفلكيين أن يصدقوا ما توصلوا اليه . ومع ذلك فقد كانت كل حلقة فى سلسلة المشاهدة والتعليل تقول حقيقة ، فكان هناك نظام كامل لقياس شدة الضوء ثبت صوابه مرارا فى حالات أخرى كثيرة ، كما لا يمكن أيضا أن يكون تحليل ألوان الطيف مخطئا . فأى طراز من المادة بعد يمكن أن تكون هذه المادة الثقيلة التى تتكون منها هذه النجوم ؟

وهب علماء الفيزيقا عند هذه النقطة لمساعدة الفلكيين . وما أن فكروا ، وجدوا أن الوزن النوعى المحسوب لقزم أبيض الذى يبلغ أربعون ألف مرة قدر وزن الماء أو ثلاثة آلاف مرة قدر وزن الرصاص ليس غريبا على الاطلاق بل متلائما تماما مع النظريات الطبيعية . فان من الثابت تماما مما اكتشف عن طبيعة الذرة أن ذرة أى مادة معينة ـ ولتكن جزءا من صخر مثلا ـ عبارة عن نظام كوكبى على هيئة صورة مصغرة نسبيا بمسافات فلكية بين الالكترونات الدائرة والنواة المركزية . ولهذا فنحن نعلم تماما أن ما يبدو أنه صخر صلب هو فى الواقع تقريبا مكان مفرغ أو ، لنصوغها بطريقة فنية أكثر ، انه مجال قوة بين جسيمات فى عزلة شاسعة من الفراغ . فاذا دمرت الذرات تماما ـ ولم تفتت فقط كما فى القنبلة الذرية بل دمرت تماما ـ واذا تهدم بالتالى مجال

(١) كورات = ١٫١٣٦ لتر .

القوة فان الجسيمات المكونة لجسم المادة نادرا ما ستحتاج لأى مساحة على الاطلاق ، وتنكمش عندئذ الصخرة الكبيرة الى حجم ذرة الرمل .

ويبدو فى الواقع ، أن ذلك هو الحال فى نجوم الأقزام البيضاء . لقد تدمرت ذراتها ، وأصبحت مادتها « منحلة » . وكما يقولها رودلف تيل ، « لقد تجمدت كلها سويا » . وعندما أكمل علماء الفيزيقا حساباتهم النظرية عما يمكن أن يكون عليه الوزن النوعى لمادة مستنفذة تماما بهذه الكيفية وجدوا أن نتائجهم أتفقت تماما مع النتائج التى وصلت اليها المشاهدات الفلكية عن الأقزام البيضاء القريبة من نجم كلب الجبار الشعرى .

ومن المهم أن نلاحظ بهذه المناسبة أن بجانب اطلاق طاقة « قليلة » ، عندما نطلق قنابلنا الذرية المصنوعة بمعرفتنا ونهشم بذلك ذرات اليورانيوم جزئيا ، فان العلماء « يغيرون » من شكل الذرات الكيميائية على نطاق ضيق بعصرها معا بطريقة صناعية ، بالرغم من أنهم لم يتمكنوا بعد من اتمام ذلك بصورة مطلقة . فأكبر ضغط ثابت أمكن الحصول عليه حتى الآن فى المعمل هو ٢٠٠٠٠٠ ضغط جوى فقط ، أى حوالى ثلاثة ملايين رطل على البوصة المربعة ويكفى ذلك فقط لعصر ذرات الكربون الغير منسقة الى الصورة المرتبة المحكمة للماس (ويصنع الماس الصناعى تجاريا بهذه الطريقة) . وهى ، على أى حال ، بداية . وربما يمكن لنا يوما ما أن نعصر التشكيلات البللورية كالماس الى درجة ما حتى تتقارب الالكترونات وتصبح المادة معدنا . وامكانية ضغط الذرات فى معمل أرضى الى الدرجة التى تحدث فى النجوم حتى ان المادة تصبح « منحلة » تماما ، مهما كان ، يعد فوق ما يمكن عمله حاليا .

والعلوم المختلفة التى كنا ناقشها فى الأجزاء المتنوعة من هذا الكتاب يغطى كل منها ما يبدو لأول وهلة أنه مجال كبير مع أن كلا منها ، فى الواقع ، محدد صناعيا . وعندما نحاول أن ننظر الى تشكيلة العلوم كمجموعة كما كنا نفعل فى هذه الصفحات ، سرعان ما يتضح كبر واتساع الفجوات فى المعلومات التى لدينا .

وتطبيق الفيزيقا والكيمياء على علم الفلك القديم يوضح بصورة قاطعة الى أى درجة لا زلنا نتمسك بالافتراضات لنفسر المشاهدات التى نحصل عليها

وبالأسباب لنعلل الظواهر التى نكتشفها . وأنه حديثا فقط ظهر أن المناطق الداكنة السوداء التى تشاهد فى الطريق اللبنى (أو طريق التبانة) ، ليست مناطق خلو وفراغ ، بل سحابات كثيرة الضباب من ثلج وكربون ومركبات كالسيوم وما شابه ، يشار اليها فى بعض الأحيان بالغبار الكونى . وقد أظهرت بعد ذلك تأملات معينة ، بعضها ديناميكى والبعض الآخر مطيافى ، أنه بجانب هذا الغبار كانت توجد أيضا كتل من غاز الهيدروجين المتحرك ببطء والمتناهى فى الدقة . وهذه السحابات من الغاز تساوى فى كثافتها حوالى واحد الى ألف فقط من كثافة غاز الهيدروجين الموجود على الأرض ولكن الكمية كلها ، بكونها هائلة فى الحجم الذى تشغله ، كبيرة جدا وتكفى فى الواقع ، لتهىء لمولد نجوم جديدة .

والتفسيرات التى أعطاها الفلكيون والفيزيقيون لما يؤديه كل هذا الغبار والغاز ليست كلها مقنعة . ويقال عن الملك ادوارد السابع أنه قال عندما أخبر أن السل داء يمكن معالجته ، « اذا كان يمكن معالجته فلم لا نشفى منه ؟ » وعقيدة العالم الحديث هى أن كل مجموعة من المشاهدات لها تفسير . ويمكن لنا اذن أن نردد مع الملك ادوارد ، « واذا كان لها تفسير فلم لا تفسر (بشكل مرضى) ؟ » .

والاجابة ، بالطبع ، أن علم نظام الكون ـ الذى تحول الفلك اليه الآن ـ هو علم جديد . ويمكن بالفعل القول بأنه قد اخترع منذ مائة وثلاثين عاما بواسطة الفلكى الألمانى هنريش أولبرس . فأعظم معاونة أداها للتفكير العلمى كانت مناقشة سببت كثيرا من المتاعب . فقد أفترض ، أننا نجلس على كوكب صغير ، واهو الأرض ، محاط بغلاف وراء غلاف من نجوم كلها حولنا . وكما لو أن الأرض بقعة صغيرة فى مركز بصلة لا نهائية فى الكبر ، وكل قشرة مكونة من هذه الأعداد الكبيرة من نجوم يتفق أنها تقريبا على مسافات متساوية منا من كل جهة . وخارج هذه توجد « قشور بصلة » أخرى من نجوم وهكذا

الى مالا نهاية • وتلمع كل هذه النجوم فوقنا • ولا يجود ما يمنع ضوءها من السقوط على الأرض أخيرا ، حتى تلك التى من الطبقات الموجودة على مسافات متزايدة فى البعد فقد تأخذ بعض الوقت لتصل هنا • فلماذا ، اذن لا نغرق فى فيضان لا نهائى من ضوء منبثق أساسا من نجوم بعيدة للغاية وباهتة جدا لكنها كثيرة العدد بشكل هائل ؟ وحقيقة كونها مظلمة بالليل ، كما نرى ، توضح أن هناك شيئا غير مضبوط فى تفسير الموقف ويسمى عادة بتناقض أولبرز •

والآن ، وضع أولبرز فروضا عديدة أعتبر أنها ضرورية قبل أن يصبح من الممكن دراسة السماوات بطريقة منطقية منظمة ــ أى ، لكى تتأمل السماء كمكان علمى ، بدلا من أنها أراضى الصيد الخاصة بالآلهة والمعبودات والعفاريت والتوأمان والدبب الكبيرة • وكانت بعض افتراضاته :

(١) أن الكون مكان من نوع منتظم ؛ (٢) أنه نفس النوع من المكان الذى كان موجودا منذ ملايين قليلة من السنين وسيظل كذلك ؛ ثم (٣) أن قوانين الفيزيقا ، كما نعرفها ، تستخدم فى كل مكان فى الكون • ولكن حتى عندما نسلم بهذه الافتراضات الواقعية المعقولة ، فان تناقض أولبرز يقود الى بعض النتائج الغريبة تماما • فعلى سبيل المثال ، كان أحسن تفسير أعطى للسبب فى أننا لماذا لا نغرق فى ضوء النجوم ليلا هو أن كل النجوم تتحرك مبتعدة عنا بسرعة لدرجة أن ضوء بعض من النجوم الأكثر بعدا لا يصل الى الأرض مطلقا • وتلك هى نظرية « الكون الممتد » •

وهناك عدد من الشواهد العلمية الأخرى تؤيد فكرة أن الكون بأكمله يتسع باستمرار ، كوجه مطبوع على بالونة عندما يجرى نفخها ساعة الاستعداد لحفلة ما • وبالرغم من أن تلك النظرية للكون الممتد الآخذ فى الاتساع الى الأبد ، تنتج من الحقائق كما نراها ، فهى لا تحير عقولا كثيرة فقط ، بل أيضا يؤدى منطقها الى مشاكل أكثر تعقيدا • فعلى سبيل المثال ، اذا كان الكون يمتد فلا بد أن تكون كمية المادة المحدودة فيه تمتد أيضا ، وستصبح كثافتها أقل

باستمرار • ولكن اذا كان ذلك صحيحا فهذا مخالف مباشرة لافتراض أولبرز الثانى قال أنه كان ضروريا لأى تسليم منطقى بالكون كمكان نعيش فيه أنه لابد أن يكون ثابتا بمرور الوقت • واذا كان ذلك صحيحا فالتفسير الوحيد المرضى لكيفية استطاعة الكون الاستمرار فى الإتساع بدون متوسط كثافة المادة هو أن نفترض خلقا مستمرا للمادة • وذلك ، بالفعل ، هو الاعتقاد العلمى السائد • فتعليل الليل المظلم يؤدى إلى قاعدة النظام الكونى الممتد ، والاتساع فى كون ذى طراز غير متغير يؤدى الى فكرة الخلق المستمر ، والحلقات الممتزجة من الهيدروجين المخلوق حديثا تولد نجوما ويؤدى الضغط المتزايد بمقتضى قوانين الجاذبية الى التفجير النووى وتنوع العناصر الكيميائية ، وقد يأتى آخر كل ذلك انحلال المادة المتجمدة والممتزجة والتى يبلغ ثقلها ثلاثة آلاف مرة قدر ثقل الرصاص •

ويعتمد هذا التصور الكبير لما يحدث فى الكون على صحة فرض أولبرز بأن طبيعة الكون لا تتغير بين وقت وآخر • وربما ، لذلك ، لابد لنا الآن أن نعتبر هذا العنصر الخاص من تفكيرنا العلمى — وهو الزمن •

فمنذ ثلاثمائة عام أو حوالى ذلك ، اعتقد العلميون أنهم عرفوا ما هو الوزن • واعتقدوا أيضا أن الوزن له معنى ثابت ومطلق ، وأوضح نيوتن أن ذلك ليس صحيحا • فقد برهن أن الأشياء تزن أقل على قمة جبل عما تزن عند سطح البحر ، وأنها تزن أكثر فى قاع منجم فحم • وبصيغة أخرى ، يتأثر الوزن بالجاذبية • ونحن نعرف اليوم أننا سنزن جميعنا فى القمر أقل لدرجة أنه سيكون باستطاعتنا القفز فوق تل صغير من العشب اليابس • ولذلك اخترع نيوتن فكرة « الكتلة » كطريقة للتعبير عن كمية المادة الموجودة •

ولكن أينشتين الآن قد أثبت ، بعد ذلك بثلاثة قرون ، أن الكتلة بدورها أيضا من طراز متغير • فقد أثبت أنه كلما تحرك شىء بسرعة أكبر زادت كتلته • فالالكترون المتحرك عبر أنبوبة التليفزيون يصبح أثقل أثناء العملية • ويقودنا

ذلك ، كيفما كان ، الى فكرة الزمن ، وواضح أن الزمن عنصر سرعة . فمثلا ، تتضمن سرعة الضوء فكرة ثانية ، يتحرك فيها فوتون مسافة ١٨٦٠٠٠ ميل ، وعندما يناقش الفلكى المسافة بين النجوم فهو يستعمل « السنة » — وحدة زمن — كجزء من السنة الضوئية ، التى يجدها مناسبة لقياس المسافة .

والعلم مجال فكر جذاب لكثير من الناس لأنه يبدو قاطعا تماما . فهو يدرك الأمر كله ببيانات وحقائق على هيئة وحدات ثابتة ومعروفة جيدا . ولكن حاليا ، فى ضوء انبثاق التفكير الجديد للقرن العشرين الذى لا زلنا فيه حتى هذه اللحظة ، فهذه الوحدات التى تبدو واضحة وغير متغيرة قد أصبحت أقل تحديدا وسهولة فى ادراكها . فقد تعود الكيميائى أن يعتمد على عملية الوزن ليؤسس وحداته الأساسية ونقطة ابتدائه . ولكن الوزن يتأثر بالجاذبية فتحول الى الكتلة كشىء يتعلق به ، والكتلة تتغير بالسرعة . فهل يمكن له اذن ، بساعة السباق فى يده ، أن يستعمل الزمن كأساس للقياس يمكن الاعتماد عليه ؟

وآسف أن أقول أن الاجابة ، كلا . فأول كل شىء يتأثر الوقت بالجاذبية . وكان اسحق نيوتن هو من عرف فى القرن السابع عشر أن بندول الساعة يمضى بسرعة أقل عند خط الاستواء ، حيث الجاذبية أكبر ، عن أى مكان آخر على الأرض . ولدينا حاليا تحت تصرفنا ساعات أكثر دقة ويعتمد عليها أكثر من تلك التى تعمل ببندول : وهذه تستعمل زمن تذبذب الالكترونات كنظام الضبط الذى يقاس به الوقت . وتتضح هذه التذبذبات تماما على هيئة طول موجة الضوء الذى تشعه . وتماما كما يعرف زمن ذبذبة وتر الربابة بالنغم الموسيقى الذى يحدثه ، فكذلك يمثل زمن تذبذب الكترون بلون الضوء الذى يعطيه . وكان اينشتين أول رجل استنتج أن الزمن ليس له معنى مطلق . فقد قال ، أنه سيتأثر بالجاذبية . وقد اتضح أنه كذلك . ففى ضوء نجم القزم الأبيض الذى يظهر قرب نجم كلب الجبار الشعرى ، حيث يكون تأثير جاذبية

كثافة المادة الهائلة التى تتكون منها كبيرا ، هناك يمر الزمن ببطء أو لنصوغها بطريقة علمية ، تتحول خطوط ألوان الطيف للالكترونات المتذبذبة الى القسم الأحمر من الطيف ، أو أبطأ .

وقد عرف الفيزيقيون منذ عام ١٨٨٣ أن هناك شيئا غريبا بالنسبة للزمن . ففى هــذا العام قام أمريكيان ــ عــالم طبيعى ألبرت ميكسلون ، وكيميائى ، ادوارد مورلى ــ بما سمى منذ ذلك الوقت بتجــربة ميكلسون ــ مورلى . وبالاختصار ، فان ما أظهره هذان الرجلان هو أن سرعة الضوء ــ ٢٩٩٫٩١٠ كيلو متر فى الثانية ، أو حوالى ذلك (والتقديرات الأخيرة فى بعض الأحيان بين ٢٩٩٫٧٧٣ ، ٢٩٩٫٧٧٦ كيلو متر فى الثانية) كانت دائما ٢٩٩٫٩١٠ كيلو متر فى الثانية أو حوالى ذلك ، سواء كنت مندفعا ناحية مصدر الضوء عندما تأرجح الأرض الى الأمام فى مدارها أو كنت مندفعا بعيدا عن الضوء أثنــاء دوران الأرض الى الخلف فى الاتجاه الآخر . وبهذه الحقيقة الشاذة كأساس ــ أنك عندما تصل الى سرعة الضوء يصبح الزمن لا معنى له علميــا ــ أعــطى اينشتين نظرية عامة بأن الزمن يعتمد على السرعة ، فعندما تسافر بسرعة كبيرة جدا ، جدا ، تمضى الساعات كلها ببطء ! والآن حيث اخترعت الأقمار الصناعية ، قد تتمكن فى الواقع ، من السفر بسرعة كبيرة جــدا جــدا ، حتى أن هــذه المعلومات قد تصبح ذات أهمية عملية بجانب أهميتها النظرية تماما .

والفنان العظيم هو رجل يعطى جيله الخاص صدمة لا يفيقون منها أبدا ، لاهم ولا أى جيل تابع . وهو يفعل ذلك بمشاهدته للحقيقة حــوله بطريقــة جديدة . فبعد أن أنتج رسامو عصر النهضة فى ايطاليا أنواعهم الجــديدة من الصور لم يستطع أحد أبدا أن يعود الى الوراء . وبعد ذلك بكثير هوجم ترنر بأنه « يلقى علبة دهان فى وجه الجمهور » ، وابشتين فى جيلنا الحــالى ، الذى نبذ وسخف فى شبابه ، ترك صورة السيدة مريم العذراء مع ابنها فى ميــدان كافندش وصورة السيد المسيح فى كاتدرائية لانداف اللتان أحــدثتا تغيــيرا

مستديما فى الطريقة التى نرى بها الجمال حاليا • واينشتين بالمثل ، فنان فى التفكير العلمى أظهر أن الكتلة والطاقة يتغيرا أحدهما الآخر • وفى خلال ثلاثين عاما أثبت صنع القنبلة الذرية أن منطقه صحيح • وقد علل أيضا بأن الزمن يعتمد على السرعة • والحقيقة بأننا لم نستفد بعد من هذه العلاقة لا يقلل من عظمة اكتشافه •

وقد أدرك اينشتين أيضا ، فى هذا العالم الذى نعيش فيه ، أن الفضاء والزمن مشتبكان سويا بطريقة لا تحل • وهذه الطريقة الرياضية فى الكلام قد جعلت الفكرة مختلطة على كثير من الناس • والخلاصة ، كيفما كان ، هى أن الفكرة سهلة الادراك • فقد تحقق هرشل ، وهو موسيقى اتخذ الفلك كهواية ، وكان أستاذا للموسيقى فى باث وهو فى السادسة والثلاثين من عمره ، تحقق لأول مرة فى ثمانينات القرن السابع عشر من أن الفلكيين الآخرين كانوا مخطئين فى التفكير عن القبة الزرقاء المرصعة بالنجوم على أنها السطح الداخلى لكرة مفرغه • فقد اعتبر السماوات ، بمنظاره العاكس الجديد ، الكبير ، كمنظر خلوى له عمق • والتعمق الفنى لشخص كرمبرانت أوفان جوخ ، وبالنظرة الجديدة لشخص كداروين أو اينشتين ، تحقق أنه لم يكن ينظر فقط فى الفضاء، بل فى الماضى أيضا • وابتدع أينشتين ما أسماه « متصل الزمن والفضاء ، ذات الأبعاد الأربعة » • وقد أدرك هرشل نفس الفكرة ، قبل ذلك بحوالى ثلاثمائة عام تقريبا ، بأن الزمن مركبا أساسيا من الفضاء • فما رآه عام ١٧٨٠ لم تكن النجوم كما هى وقتئذ بل نفس تلك النجوم كما كانت فى الماضى منذ سنين وقرون ، بل ودهور وقت أن بعثت بالفعل الضوء الذى يصل الى عينيه حينئذ • ويعنى ذلك أننا عندما ننظر عاليا فى السماء لانرى صورة الكون كما هو الآن• فبجانب الأشياء الموجودة فى الفراغ نرى أزمنة مختلفة •

والكيمياء تتعلق بتركيب المادة • ونعرف الآن بعد قرون من التفكير والبحث أن الكيمياء ، فيزيقا ، وأن العناصر التسعين أو حوالى ذلك المتنوعة التى تكون

الأرض والكواكب وكثيراً من النجوم ـ كالكربون والأوكسجين والنتروجين والهيدروجين التى تتكون منها المنضدة الخشبية التى أكتب عليها ، والكبريت والحديد والنحاس والقصدير واليورانيوم التى تكون الصخور ـ كل هذه جسيمات ملتئمة مع بعضها فى شبكة من الطاقة. وحاليا فوق ذلك ، جمعت ونسقت مشاهدات الفلكيين لتبين أن الكتلة الكيميائية ، التى ظهر أنها يمكن أن تتحول الى طاقة فى عدد من محطات القوى النووية ، تعتمد هى نفسها على السرعة . فكلما أسرعت أزدادت الكتلة الى أن تمضى بسرعة ١٨٦٫٠٠٠ ميل فى الثانية ـ أى سرعة الضوء ـ حيث ، لا يمكنها أن تمضى بسرعة أكبر من ذلك. ومن جهة أخرى فانه كما تتأثر الكتلة بزمن التحرك ، كذلك يتأثر الزمن أيضا بالكتلة . فتحت تأثير الجاذبية ، الذى يعد مظهرا للكتلة ، يتغير الزمن ، وكل الساعات تمضى ببطء .

وكثير من التوسع الهائل فى فهم الانسان لطبيعة العالم الكوني الذى نما منذ عام ١٩٣١ كان بسبب « رؤية » السماوات خلال موجات اللاسلكى وكذلك خلال موجات الضوء . ففى عام ١٩٣١ ، التقط كارل جانسكى ، مهندس اللاسلكى بشركة بل للتليفونات بالولايات المتحدة ، ضوضاء على موجته القصيرة بجهاز الراديو المحلى . ولم يعرف ماذا كان سببها ، ولكن كان لديه رأى ـ لمحه بداهة ، اذا أردت أن تدعوه كذلك ـ بأن مصدر موجات الراديو كان فى السماء . وأنصت ، وثبت أن افتراضه كان مضبوطا عندما وجد أن الصوت المحدث للصفير قد عاد فى حينه الى جهاز الاستقبال الخاص به كل ٢٣ ساعة و٥٦ ثانية عندما دارت الأرض حول محورها . وفى الواقع ، فقد تحقق أن أصوات الراديو كان مصدرها عند نقطة فى الطريق اللبني فى برج الرامى .

وحاليا ، بعد أكثر من عشرين عاما من الدراسة يبدو واضحا أن هذه الموجات بسبب سحب كبيره من أبخرة معدنية ومن غاز هيدروجين منتشر عند

أماكن خاصة فى مجرتنا • ومنذ أن أمكن للإنسان ، خلال الألف سنة القليلة من التمدن أن يفكر ويلاحظ ويسجل ما يلاحظه ، لم يقصر فى دراسة السماوات بعينيه ، وساعده بعد ذلك مختلف أنواع المناظير الضوئية • فقد أوضح كوبرنيكوس ، وجاليليو ، وبراه ، وكبلر ، وهرشيل ـ أوضح كل هؤلاء أن السماوات كبيرة جدا وأن النجوم بعيدة جدا • ولكن الطريقة الجديدة « للرؤية » بالراديو حاليا ، التى هى نفسها اختراع لجيلنا الخاص فقط (وربما نصف جيل آبائنا أيضا) ، أعطت لنا أدلة على أن العالم أكثر اتساعا حتى مما اعتقدنا • ونحن ، بالرغم من أنه يمكننا ادراك الكون فى عقولنا ، نجد أنفسنا أصغر كذلك بالنسبة للمكان الممتد الجديد الذى نقطنه •

فكبداية ، أظهرت أجهزة الفلك اللاسلكى أنه يوجد عدد كبير من سحابات الهيدروجين المتحركة فى مجرة الطريق اللبنى ، وبين هذه الأنهار الهائلة من الغاز ، يبدو أنه توجد مناطق فارغة • وقد برهن الفلك اللاسلكى أن هذه المجرة ، التى تعد الشمس نجما تافها فيها بين ملايين من الآخرين ، شكلها مثل حلزون منبسط •

وقد أثبتت المناظير الضوئية والرجال الذين وراءها شيئا من ذلك قبل أن تستخدم موجات الراديو • ولكن حاليا وقد أمكن الحصول عليها يحتمل أن تكشف المعلومات التى تعطيها أفكارا جديدة ستؤثر على كل علومنا • ويبذل الفلكيون العاديون جهودا أكبر ليلمحوا المجرات التى تقع بعيدا جدا عن مجرتنا • ومن جهة أخرى ، تسترعى انتباه الفلكيين اللاسلكيين ضوضاء الراديو المرسلة بواسطة مجرات معينة ، حتى اذا كانت على مسافة بعيدة جدا عنا • وكمثال للمعلومات الجديدة التى أصبحت فى متناول اليد ، هناك النظرية الخاصة بسديم برج السرطان فى مجرة الثور • فيبدو أن هذا السديم يتكون من غاز فى حالة حركة عنيفة • وهو بقية من انفجار كوكبى هائل لوحظ حدوثه فى عام ١٠٥٤ ميلادية • واضطراب ذرات الغاز يجعلها تشع موجات الراديو

التى يسمعها الفلكيون الحديثون كأصوات • ولكن الاشعاع من السديم ذاته قوى بدرجة ملحوظة • وتأتى كذلك فى نفس المصدر أشعة كونية وجد أنها قادرة على النفاذ خلال ألف قدم من طبقات الصخر • وليس هناك على الأرض عملية ذرية معروفة لنا يمكنها اعطاء طاقات بأى كيفية تماثل هذا القدر للجسيمات المشحونة كهربائيا • فالعيون الجديدة التى اخترعناها ــ أشير ثانية الى المناظير اللاسلكية ــ تسمح لنا برؤية الأبعد ، ولكن أيضا برؤية ظواهر جديدة كذلك ، والتى لا زلنا حتى الآن متحيرين فى اعطاء التفسير المرضى لها •

والعلم فلسفة يمكن للشجاع فقط أن يسلم بها • والاقتناع بالنسبة لعالم لا يعد مقدسا ببساطة بسبب تعلمه ذلك فى شبابه • ولهذا فهو لا يستطيع طلب ثقة الناس الآخرين الذين يعلموا أنهم على صواب ــ ليس بأى طريقة من تفكير منطقى ، لاحظ ذلك ، بل لمجرد علمهم • فاذا أشارت حقائق جديدة الى اتجاه جديد لابد للعالم أن يلغى أفكاره السابق اعتناقها ويتبع الحقيقة أينما يقوده ذهنه •

ونحن نعيش على كوكب صغير ، وهو الأرض • وقد كان ذلك العالم الصغير ذاته فى يوم ما كونا لا حدود له • ففى ركن الخرائط القديمة كانت توجد الأساطير ــ « هنا موطن الافعوان • » وسريعا ، حملنا جاليليو وآخرين، بالمشاهدة والتفكير ، الى كون أوسع ، النظام الشمسى • ثم ، نحن قد عرفنا أننا بمصاحبة القمر البارد البعيد ، نلف حول فلك الشمس العظيم ، سويا مع الزهرة ، كوكب المساء ، والكواكب الأخرى •

والمرحلة التالية فى فهم الانسان لمكانه جاءت مع الاكتشاف الذى قام به توماس رايت عام ١٧٤٠ ، أو حوالى ذلك ، بأن النظام الشمسى هو فى الواقع جزء صغير فقط من مجموع كبير ــ مجرة الطريق اللبنى • وتماما كما تحدد الأرض والكواكب مساحة منبسطه على شكل القرص ، عند دورانها فى الفراغ ، فكذلك شوهد الآن أن هذا القرص يكون ذرة واحدة من عدد وفير من النجوم أنفسها تدور كلها مجتمعة على هيئة قرص منبسط أكبر بكثير • وهذا العنقود الكبير من النجوم هى الصورة السماوية التى نعيش فيها •

ولكن حاليا ، منذ التاريخ الحديث جدا لعام ١٩٢٥ عندما ابتدأ تشغيل المناظير العظيمة فى جبل ويلسون وجبل بالومار ـ والتى دفع ثمنها اثنان من أصحاب الملايين الأمريكيين ، أندروكارنيجى الذى نشأ أول الأمر من دانفرملين فى مقاطعة فايف باسكتلندا ، وجون د • هوكر من كاليفورنيا ـ كان لابد أن نألف فكرة جديدة • أن مجرة الطريق اللبنى الخاصة بنا ليست من نوع خاص أو مهم على الاطلاق • فحولها فى جميع الاتجاهات توجد مجرات أخرى بحجم مساو • وفى نطاق مليون ونصف مليون سنة ضوئية منا توجد عشرة أكوان أخرى • وخارج هذه يوجد غيرها كثير • وقد قدر أدوارد هابل ، باستعمال المنظار ١٠٠ بوصة على جبل ويلسون ، قدر العدد الكلى للمجرات بحوالى مائة مليون •

والكرة المتوهجة التى هى الشمس تستمد طاقتها ، كما هو مسلم به الآن عموما ، من انفجار نووى مماثل نوعا لذلك الخاص بقنبلة هيدروجينية • وبالرغم من أن الانسان يستطيع رؤية الشمس فى حالة اضطراب جسيم فى فترة الكسوف الكلى ، وذلك مبين أيضا بالبقع الشمسية التى تؤثر على الحالة الجوية وتتداخل فى ارسال موجات الراديو ، فعموما ، تمضى التفاعلات على الشمس بسهولة • ومع ذلك ، كان معروفا لعدد من القرون أن انفجارات ذرية هائلة توجد من وقت لآخر ، وقد تنفجر نجوم بأكملها مبتعدة بشعلة كبيرة من الطاقة تكفى لتكبير وميضها عشرة آلاف مرة بالنسبة للفلكيين الذين يرقبون عن بعد • وبجانب المستشعرات ، كما تسمى هذه النجوم المنفجرة يلاحظ أحيانا حدوث انتفاضات كونية أكبر تماما من ذلك • فانفجار فى مجرة بعيدة سيشاهد أنه أكثر عنفا ألف مرة عن ذلك الخاص بمستشعر • حقا ، فالقوة التى يتواجد بها النجم الشديد الانفجار كبيرة جدا لدرجة أن ضوءه قد يزيد عن ضوء المليون نجم الآخرين الذين يكونون المجرة مجتمعين •

وسبب وطبيعة هذه الأحداث ليس مفهوما تماما ولكنهما على الأقل يوضحان أن النجوم والمجرات قد لا تتحرك « دائما » فى مجرياتها المحددة المتوقعة . ومن المفيد أن نعرف أن ذلك صحيح — أن هذه حقيقة ضمن الكثير الذى نشأ عنه نظامنا العلمى — لأن الشواهد التى جاء بها هايل ومن عملوا معه فى جبل ويلسون أشارت الى استنتاج واحد ، وواحد فقط — أن كل مجموعات المجرات العديدة التى يعتبر الطريق اللبنى عضوا واحدا فقط فيها ضمن عدد كبير ، تتطاير متباعدة عن بعضها كقطع شربنل (١) عند انفجار قنبلة مدفعية .

ولا يسمح عالم لنفسه أن يتجاهل الحقائق . فقد تضمنت الاستنتاجات الناتجة عن مشاهدات هايل ومن تعليلات ريتشارد تولمان وبعض الآخرين أن معادلات اينشتين قد يلزم تغييرها ومراجعتها . وقد ذهب اينشتين الى كاليفورنيا وناقش الحقائق الجديدة ، مع هؤلاء العلماء . وكان قد ثبت بواسطة محطات القوى النووية وتشغيل أجهزة التليفزيون وكثير خلاف ذلك ، أن آراء اينشتين قد لائمت هذا الجزء من العالم تماما . ولكنه الآن قد وافق على أن هذا الكون الساكن الذى صمم له نظرياته ربما كان جزءا فقط من كون متحرك أكثر عموما .

والفلكيون غير مهتمين بالفعل باطلاق الآلات حول القمر . فان ما يثيرهم هو الحقيقة بأنهم يشعرون بأنفسهم وهم على وشك أن يتعلموا شيئا أساسيا عن الكيفية والنظام والتغير فى العالم على نطاق متسع .

---

(١) شربنل : نوع من القنابل تتناثر شظاياها على مساحات واسعة سميت باسم مخترعها هـ . شربنل (المترجم)

الفصل العاشر

حدود العلم

الصفة المميزة فى العلم هى أنه يستخدم طريقة تقدمية للتعامل مع الأفكار . يؤدى أحد الأشياء الى آخر ، ويؤدى الآخر عندئذ الى شىء ثالث ، وهكذا تمضى السلسلة المنطقية — كل حلقة متصلة بأحكام بالحلقات التالية لها — لأشواط هائلة تماما . وهناك صفتان خاصتان لهذه الطريقة . الأولى أن كل خطوة قد تكون بسيطة للغاية . أذكر جيدا حضورى اجتماعا فى كامبردج ، عندما كان السير فردريك هوبكنز ، الذى كان وقتئذ رجلا مسنا ، يناقش تجربة قام بها ليظهر فعل مركب كيمائى ، يدعى حاليا ريبوفلافين ، على فيتامين ج فى اللبن . وكان أساس العمل التجريبى وضع دورق من الزجاج يحتوى المادتين على افريز النافذة فى ضوء الشمس ويراقب ما حدث . ولم يمكن أن تكون التجربة الفعلية أكثر بساطة .

وقوة هذه التجربة البسيطة — وهناك كثير غيرها فى العلم الحديث اذ على سبيل المثال ، كان السير رودولف بيترز ، يعلن دائما ، ما حدث عند تقطيعه عقل حمامة قطعا صغيرة بسكين من العظم بدلا من أخرى معدنية — نقول ان قوة هذه التجربة البسيطة هى أنها كونت حلقة فى سلسلة من مشاهدة ومنطق . فقد أظهرت التجربة التوضيحية على ضوء الشمس فى كامبردج من ناحية كيف أن التشكيل الكيميائى المتعرف عليه ، الريبوفلافين ، المشكل على هيئة ثلاثة صناديق من السلك المشدود بمقبض ، وهو تشابك مرتب من ذرات كربون ونيتروجين متعلقة مع أوكسجين وهيدروجين يتلائم مع بعض الجزيئات الأخرى الكبيرة ، واحدة على كل جانب ، ليكون نظاما للتوصيل فى اتجاهين لمسار

الألكترونات ــ وحدات الكهرباء السالبة • وهذه هى الكيمياء فى أسلوبها الجديد • ولكن بنفس الطريقة ، فالكهرباء مظهر للطاقة ، وسلسلة المنطق ــ كل خطوة مكونة من مشاهدة بسيطة ، ليست عادة أكثر غموضا من منظر صبغة ، التوتيا الزرقاء ، مثلا ، واهى تفقد لونها ، أو ربما ورق عباد الشمس الأزرق وهو يتحول الى أحمر ــ تؤدى بعد الالتواء والتحول بواسطة عدد أو آخر من الحلقات الى فوتونات ضوء الشمس التى يصل عن طريقها كمية ما من طاقة الأرض •

ففى ضوء الشمس ، واهو عالم الفيزيقا الواضح ، يأخذنا منطق العلم ، الماضى كالعادة خطوة بخطوة الى الكون الذى كنا نناقشه فى الفصل السابق من الكتاب • والمعادلات الرياضية لعلماء الفيزيقا تكون معقدة بدرجة كافية لو يواجهها الانسان وهو غير مستعد لها ، ولكن الطريق اليها متدرج كاثبات مسألة فى يوكليد مما نشطت به أيامنا المدرسية • والسبب فى أننا فشلنا فى الحصول على درجات نهائية فى المدرسة كان اما غباءا ، وأ قلة اهتمام ، أو ذاكرة رديئة حيث أن كل خطوة فى المسألة تتعاقب من السابقة لها • ولسوء الحظ ، فان نفس الشيء صحيح فى الحياة المقبلة • وتأمل كم كانت بسيطة تلك التجربة الأساسية التى بنى عليها معظم الصرح العظيم للنظرية الفيزيقية الحديثة •

وعندما كان س • ت • ر • ويلسون شابا ، كان يعمل فى أجازاته فى أخذ تسجيلات بالمحطة المختصة بالتقلبات الجوية عند قمة بن نيفس ، أعلى جبل فى الجزر البريطانية • وقد أدهشه ظهور الأشعة الأفقية للشمس المشرقة حين تنتشر عبر بساط السحاب الذى كان يدور تحته • وقد أنشأ بعد ذلك فى كامبردج ، جهازا ليراقب ظواهر مماثلة فى سحب صناعية • وذلك كان «غرفة ويلسون السحابية» ، التى أظهرت مسار الجسيمات المشعة ، والأشعة الكونية ، والظواهر النووية عموما ، وكل جسيم عندما تحرك ورائه أثرا مرئيا من قطرات الماء فى السحاب الصناعى •

والمركب الكيميائى ريبوفلافين ، الذى كان السير فردريك هوبكنز يلاحظه فى ضوء الشمس هو أحد المواد البيولوجية التى تعد وسيطا ينتقل خلاله عمليات الطاقة للحياة • وهو ذاته مادة معقدة ، عندما يعتبر من وجهة نظر

الكيمياء العضوية ، ولكن عندما تتبع خط المنطق العلمى المؤدى به الى الفيزيقا ، نجد أنفسنا مدركين كيانات أبسط وأبسط حتى ننتهى الى أقصى جسيمات الطاقة التى يتكون منها الكون . وهذه أحد حدود العلم . ودعتنا تفترض للحظة أن النظرية الحديثة فى العلوم الطبيعية ، بأن الكون يمتد ، هى نظرية صحيحة . وهناك كمية كبيرة من الشواهد تعضدها ، ولكن حتى كذلك فليس خارج حدود الامكان أن يأتى شخص كأينشتين يتفحص هذه الشواهد بطريقة جديدة ، وقد يكون فى امكانه اظهار أنها يجب أن تفسر بصورة جديدة . ومع ذلك ، فاذا تمشينا مع العقيدة السائدة وسلمنا بها يمكننا افتراض أن كل شىء حولنا يبتعد عنا ، وأنه كلما كانت الأشياء أكثر فى البعد عنا كلما أسرعت فى المضى الى الوراء . وعلى هذا ، فالنجوم والمجرات التى تكون بعيدة جدا جدا ، تتراجع الآن بسرعة كسرعة الضوء ــ أو أسرع لو كانوا قد تعلموا كيف يتحدوا أينشتين ــ وتكون النتيجة أننا لن نراها أبدا . وذلك اذن هو الحد الطبيعى للفيزيقا ، الذى تتجه نحوه بدراستنا الأمينة تماما للطاقة ، سواء لفوتونات الضوء أو للخلايا الحية التى يوجد الريبوفلافين كجزء فى عملياتها .

ولكن بجانب وجود حد فيزيقى ، فهناك آخر فلسفى أيضا ، فالكيميائى الذى يقوم بأداء تجارب فى الكيمياء يتعامل مع ملايين وملايين من الجزيئات . وهو يمكنه ، لذلك ، القيام بعمل تنبؤات على درجة كبيرة جدا من اليقين . فكمية ما من كلوريد الكالسيوم مضافة الى كمية ما من كبريتات الصوديوم ستعطى كمية من كبريتات الكالسيوم وكلوريد الصوديوم قريبة بدرجة غير محسوسة من تلك المحسوبة . « فالقوانين » العلمية للكيمياء صحيحة ــ أو صحيحة بقدر كاف للأغراض العلمية فى الصناعة الكيميائية . والقوانين البيولوجية أيضا ، صحيحة كذلك . فمع خصوبة الصينيين الواقعية ، من السليم أن تتنبأ بأن طفلا صينيا سيولد كل دقيقة ــ أو كل عشر ثوان ، أو كيفما قد يكون الوقت المضبوط . ولكن ذلك لا يعطى أى ضمان لسيدة واحدة معينة ، مسزوانج مثلا ، أنها ستلد طفلا فى أى لحظة خاصة ، أو ما اذا كانت ، بالفعل ، ستلد طفلا على الاطلاق .

وضمن القواعد الأولى للكيمياء التي تعلم للطلاب من أجل اعطاء ترتيب و نظام للأحداث التي يشاهدونها في المعمل وفي العالم خارجه أيضا يوجد قانون بويل وقانون شارل . والقاعدة التي تعطي هذه القوانين معنى منطقيا هي المسماة بالنظرية الحركية للغازات . والافتراضات الرئيسية التي توضح ما يحدث عندما تنضغط الغازات أو تتمدد أو تسخن أو تبرد اما سويا أو على هيئة مخاليط ، هي أن الجزيئات المكونة عبارة عن كرات صلبة مرنة تماما ، مزودة بحركة انتقالية متوالية - أي ، تتخبط ككرات جولف دقيقة دائمة الحركة تقفز باستمرار داخل برميل من الويسكي - وتحتل حجما تافها بالمقارنة الى حجم البرميل . والسرعات والعزوم ، والطاقات ، واتجاهات الحركة ليست متماثلة لكل الجزيئات لغاز ما لكن يمكن حسابها طبقا لقوانين الاحتمال الرياضية الصحيحة .

وهذه ، بالطبع ، هي المسألة . فطالما أن العلم يتعامل مع تجمعات ، سواء كانت تجمعات من بكتيريا أو بازلاء ، جرذان بيضاء أو آدميين ، أو كانت تجمعات من جزيئات غاز ، فقوانين العلم تنطبق . والطريقة العملية للتقدم المنظم ، المنطقي ، يمكن استخدامها . ولكن عندما تتقلص طريقة التحليل في الدراسة من جمهرة جزيئات الى جزيء مفرد ومن ثم الى الكترون مفرد أو الى واحد من الجسيمات الأولية التي تتكون منها المادة ، ومن هنالك الى جسيم من الطاقة الذي تتكون منه الجسيمات المتنوعة ، اذا كان علينا أ نصدق هيزنبرج - عندما نصل الى تقسيم دقيق كهذا نصل الى حدود العلم .

وهناك ، مع ذلك ، حدود فلسفية أكثر دقة تمضي بالفيزيقا النظرية الى الحد الذي لا يمكنها تخطيه . وهذه هي نظرية جودل لعدم الكمال .

فتقريبا كل ما يسمى قوانين الفيزيقا والكيمياء مبني على الرياضيات . وكما ذكرت مؤخرا منذ فترة قصيرة ، فقوانين الاتحاد الكيميائي تكون كلها بالضرورة احصائية - أي أنها مبنية على الرياضة - في التعميم . فقوانين الغازات ، كل قوانين الكيمياء الفيزيقية ، والكيمياء الحيوية أيضا ، والفيزيقا على الأخص ، حيث تتعامل مع حركات الجسيمات والقوى بينها - كل هذه تعتمد على الرياضيات . وقوانين نيوتن للحركة ودراساته لقوة الجاذبية موصوفة

بطريقة رياضية • واعادة اكمال نظريات نيوتن التى تلت بواسطة اينشتين ، وفى الواقع ، كل الفيزيقا الحديثة ، والفلك ، وعلم الكون أتقنت تماما فى مصطلحات رياضية • وفى عام ١٩٣٢ ، مع ذلك ، أثبت شاب فى السادسة والعشرين من عمره ، هو كورت جودل ، وهو تشيكوسلوفاكى يعمل فى فيينا ، أنه بالرغم من أن قواعد الرياضيات قد مكنت العلم من بناء صرح هائل من المنطق ، فان الأسس ليست أكثر امانا من تلك الخاصة بالتركيب المتداعى للادراك العام الذى يعيش فيه الناس غير العلميين • بعبارة أخرى ، أثبت جودل أنه بالرغم من الطريقة المتناسقة التى يتلائم بها المنطق الرياضى ، فلكى نظهر أن نظاما معينا للمنطق يكون ثابتا لابد من استخدام نظام آخر للمنطق •

وتمضى مناقشةجودلهكذا • الرياضيات نظام للمنطق•مثلا لكل قيمة من أ ولكل قيمة من ب تكون (أ + ب) (أ ــ ب) = أ٢ ــ ب٢ فرضا صحيحا تبعا لمنطق الرياضيات • والآن ، اخترع جودل نظاما أمكنه بواسطته أن يحسب ، لا الفروض الرياضية نفسها ، بل فروضا عن الفروض الرياضية • والرياضة ، بطبيعتها ، نظام تستخدم فيه الرموز ــ أى الأرقام تحت العشرة ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧ ، ٨ ، ٩ ، صفر ، وفى الجبر كل أنواع الرموز الأخرى ، السينات ، الصادات ــ طبقا لقواعد محددة ثابتة • والأنواع المختلفة للمبادىء الرياضية يمكن أن تكون متنوعة تماما ودقيقة • فيمكننا استعمال جيوب وجيوب تمام حساب المثلثات ، ودالات $\frac{دص}{دس}$ وتكاملات حساب التفاضل والتكامل ، أو القواعد الأكثر سفسطائية للجبر البوليانى • ولكن كل شىء نفعله لابد أن يكون خاضعا للقيود العرفيه للمبدأ ــ أى للقواعد الرياضية ــ والا فسيضيع منطق النظام وصحته • وبالاختصار ، لابد أن يكون كل نظام الرياضيات ثابتا • وأمر واحد يكون ضروريا تماما : لابد أن يكون من المستحيل دائما أن تشتق من مبدأ الرياضيات نتيجة ما ، وفى الوقت نفسه ، يشتق كذلك المضاد لنفس النتيجة • وذلك لا يمكن الاستغناء عنه بتاتا كشرط للتفكير المنطقى •

وما فعله جودل كان انشاء رقم جودل ــ أى تعبيرا رمزيا عن معادلة رياضية معينة • وأنشأ أيضا رقم جودل الذى يمثل نفى التعبير الأول • وواضح ، لذلك ، أن أحد هذين التعبيرين لابد أن يكون صحيحا والآخر خطأ • ولكن

المعادلة المشار اليها كانت تعبيرا عن الطريقة الرياضية التى يمكن بواسطتها حساب معادلة ما توضح أن تلك المعادلة نفسها لا يمكن أن تشتق من البديهيات عن طريق القواعد • وقد تضمن ذلك ، اما أن المعادلة والتعبير عنها كانا صحيحين ولكن ليس من الممكن اثباتهما ، أو أن المعادلة يمكن اثباتها ولكنها لم تكن صحيحة !

وبالاختصار ، فما أظهره جودل مرضيا للرياضيين وعلماء المنطق القادرين على التعامل معه على المستوى الذهنى الذى يعمل عنده ، هو أن التعليل الرياضى غير قادر على اظهار ثباته الخاص •

وفى عام ١٩٥٩ ، كتب عالمان أمريكيان ، أرنست ناجل وجيمس نيومان ، كتابا يناقش متضمنات نظرية جودل لعدم الكمال ونشرت الجريدة الطبية الشهيرة ، لانست ، مراجعة مفصلة وطويلة له • وكان هناك سبب قوى تماما لاهتمام جريدة لانست ، وهى جريدة تكتب للأطباء المتعلمين ، بالكلمة الأخيرة فى المنطق الرياضى العالى ، وانها لكذلك •

فما أثبته جودل رياضيا ــ وقد نال لذلك جائزة أينشتين ــ هو أن المنطق البشرى غير قادر على الحصول على برهان محكم من ادراكه الخاص • ففى العلم ، يمكن التأكد من تعليل أشياء كثيرة بالرجوع الى الحقيقة • فالكيميائى يستطيع أن يستنج بأن أكسلات الصوديوم ستتفاعل مع كلوريد الكالسيوم لتعطى أكسلات كالسيوم وكلوريد صوديوم • فهو يخلط الاثنين ببعضهما ويرقب ويشاهد،هاهودليل الحقيقة أن أكسلات الكالسيوم قدظهرت•ويستطيع أينشتين أن يستنتج أن ق = ك ع^٢ ، وأن الجاذبية ستثنى شعاعا من الضوء ، وأنه عندما تجهز قنبلة ذرية وتفجر أو عندما يحدث خسوف كلى للشمس يمكنه أن يلجأ الى الفيزيقا لاثبات تعليله • ولكن أخيرا نصل الى الحد ويصبح التعليل الرياضى الذى تبنى عليه النظرية النهائية ــ عن العالم الممتد والخلق المستمر والملاحظات الخفية عن متصل الزمن والفضاء الى آخر القائمة باضافاتها الى ما لا نهاية ــ يصبح التعليل الرياضى غير قابل للاثبات • وتعبر عن ذلك جريدة لانست فتقول فى تلخيصها (ربما يكون التقدير القاطع للانسان عن

تعليله الخاص ، باختصار ، قابلا للخطأ كالتعليل نفسه « والأفكار الثانية » ليست أكثر ضمانا من « الانطباعات الأولى ») .

وتكون أرقام جودل نظاما رياضيا لاختبار صحة الرياضيات . تلك هى ما فوق الرياضيات . وعندما يحلل رجل تفكيره الخاص لعيوب محتملة فانه يكون منغمسا فى « ما فوق التفكير » . ويحتمل أن تكون النتيجة فشلا ، وقد يؤدى الرجل بنفسه أخيرا الى موقف من الشك المتسلط . وهذا هو السبب فى أن جريدة لانست كانت محقة فى الاهتمام بموضوع الكلمة الأخيرة فى النظرية الرياضية . فالمثقف المبتغى للكمال هو أكثر ما يميل الى دفع نفسه الى حالة الشك المتسلط ، طالبا التأكد المطلق حتى يصل الى حالة من القلق المرضى لدرجة أنه يبدأ فى التشكك فى سلامة عقله . ولهذا ، حتى فى التفكير البحت للفيزيقا النظرية ، فان حدود العلم هى عقل العالم ــ أى ، أنها صفة بشرية .

ويمكن القول بأن الفيزيقا فى النهاية هى الحد الأقصى فى التحليل . فالطائر مخلوق غبى تماما . ونحن نستخدم عبارة « له عقل الطيور » كصفة لبطء الفهم و « قلب الفرخة » لنصف الرجل الخامل . والعالم الذى يدرس الطيور ، مع ذلك ، يتعرف على تعقيدها ، وسرعان ما يبدأ طريقة تحليلية لتقسيم دراسته الى أجزاء يمكن تدبيرها . فقد يختار أن يفحص أولا فصيلة من الطيور ، ولكنه سريعا ما ينكمش ويحدد اهتمامه فى وظائف الأعضاء الخاصة بالطيور ، أو ربما فى تربية الدواجن ، أو فى التناسل . ولى صديق قضى عشر سنوات فى فحص البيضة على مستواها الجزيئى .. والسير فردريك هوبكنز ، بمخباره للريبوفلافين الذائبة على عتبة الشباك السفلى المشمسة فى كامبردج ، يقوم بجزء فى دراسة على هذا القدر من التقسيم ، فالريبوفلافين الذى يقيسه هو جزىء كيميائى مهم لحياة بيضة . ثم كما رأينا ، ينكمش التحليل أكثر وأكثر حتى يصبح الجسيم المفرد للفيزيقا الذرية أخيرا هو النهاية ، والمبادىء الرياضية الغير مثبتة التى يحكم بواسطتها هى الحد .

ولكن اذا كانت بساطة الجسيم الذرى النهائى حدا للعلم من جانب فان تعقيد الكيمياء البيولوجية هى الحد من الجانب الآخر . فعالم الأجنة الذى يتفحص البيضة الموضوعة حديثا وهى ترقد تحت أمها (أو أبوها ، تبعا لفصيلة الطير)

أو فى مفرخها بامكانه أن يتحكم فى كمية هائلة من المعرفة العلمية • فيستطيع أن يتنبأ كيف ستنقسم الخلية المخصبة ، وكيف ستتضاعف بالتقسيم • وسيتعرف سريعا على الجهاز العصبى ، عندما ينمو ، والجهاز الخاص بأوعية الدم ، وميكانيكية الهضم ، وتكوين الجلد والعين والأعضاء • وقد يكون خبيرا فى كيمياء الأجنة ويتتبع التغيرات وتفاعلات المركبات الكيميائية فى المخلوق النامى عندما يعيد تنظيم وتنسيق كيميائيته بنفسه داخل غلافه •

وقد سلمنا بأن الفيزيقا ، بسيطة ــ على الأقل كما هو الحال بالنسبة للعلوم فهى بسيطة • فهناك فى أسوأ الحالات دستة فقط أو حوالى ذلك من الجسيمات التى تؤخذ فى الاعتبار أو ، اذا كان مبدأ هيزنبرج صحيحا ، فهناك واحدة فقط من مجموعة من الحالات المختلفة من التنظيم • والكيمياء أقل بساطة من الفيزيقا ، لأن هناك اثنين وتسعين عنصرا موجودين على الطبيعة تؤخذ فى الاعتبار • ففى المكتبات العلمية يستطيع الفرد أن يجد أجزاء ضخمة ، ليست عن الكيمياء بأجمعها ، بل عن « مركبات الكبريت » أو الفوسفور » أو حتى فى « نواح معينة لكيمياء البورون » • والعلماء الذين يكتبون هذه هم كيميائيو كبريت ، أو خبراء فوسفور ، أو متخصصون فى تفاعلات البورون • ومع ذلك ، يمكن المجادلة بأنه لا زال هناك بعض الوضوح المنطقى والبساطة لهذا النوع من الكيمياء ، حتى اذا استنفذت من رجل فترة حياته بأكملها ليتغلب على مشكلات عنصر واحد •

وعندما نبدأ فى تأمل عنصر الكربون تصبح الكيمياء معقدة • فالكربون هو المكون الأساسى للمواد البيولوجية • والتعريف الفنى للكيمياء العضوية هو كيمياء مركبات الكربون • ومع هذا فالتركيب الذرى لذرة الكربون ليس معقدا بدون داع • فصفته الخاصة هى أنه ، كحلقات حلة من درع متشابك ، كل ذرة كربون يمكنها أن تقرن نفسها ببساطة تامة مع ذرات الكربون الأخرى الموجودة حولها • وكل حلقة من سلسلة الدرع تماثل أى حلقة أخرى • فهى عروة بسيطة من سلك • ومع ذلك فمن الذى قد يأخذ على عاتقه أن يصف ويصنف كل الأشياء التى يمكن عملها من حلقات السلسلة مثل قفازات ، مآزر ، قبعات ، صدريات ، طاقات ، والأجزاء الواقية لمؤخر الرقبة ، والأثواب التى تلبس تحت قميص حريرى ؟ ولاحظ التعقيدات الناجمة عن الأحجام والأساليب المختلفة ،

والتقاليد القومية المختلفة ، والأغراض المختلفة - على سبيل المثال ، الوقاية في معركة أو مشاجرة خاصة أقل تحديدا حيث تلزم ملابس خاصة للرجال ، وللنساء أو للخيل .

ولكن اذا كان هناك عدد كبير من التباديل والتوافيق الممكنة عند وصل وحدات حلقات سلسلة الدرع فتأمل كم من الاحتمالات الممكنة الأخرى توجد لذرات الكربون . فالتباين في الحجم بين الجزيئات الصغيرة لتلك المواد البيولوجية البسيطة نسبيا كالجلوكوز وحامض اللاكتيك ومركبات الجلسترول وبين الجزيئات الكبيرة للبروتينات التي تتكون منها الأنسجة الحية هائل جدا ، فالجزيئات الكبيرة أكبر ملايين المرات من الصغيرة ، وزيادة على ذلك فبينما تصنع الأدوات المكونة من الدرع المتشابك من الجنزير وحده ، أو على أسوأ الحالات من جنزير من معدنين أو ثلاثة معادن مختلفة فقط ، فالتراكيب البيولوجية بالرغم من أنها مشيدة فوق هيكل من كربون فهي تحتوى كميات هائلة من نيتروجين وأكسوجين وفوسفور وكبريت موضوعة فيها كما أنها محاطة بشبكة من ذرات هيدروجين . وأهم صفة تدعم الامكان اللانهائي للتنوع ، مع ذلك ، هي حقيقة أن الأنسجة البيولوجية والجزيئات الكيميائية الكبيرة التي تتكون منها تكون ذات أبعاد ثلاثة .

وقد وجد في فترة ما فرض مألوف كان سائدا في علم الأجنة . وسمى « نظرية الخلاصة » ، فكانت الفكرة أنه مهما قد يكون المخلوق متقدما أو يكون من طراز بيولوجي عند أعلى المقياس - سواء كان ، على سبيل المثال ، فائزا مشهورا لمسابقة كلاب الرعاة أو حتى رئيس وزارة مجتهد - فسيبدأ دائما كخلية بسيطة ، لا تزيد في درجتها عن الأميبا . وبمضي النمو فهو يستخلص تدريجيا الارتقاء الكامل للتطور البيولوجي ، فيصبح أولا دودة بسيطة ، ثم سمكة ثم أقل الفقريات . وأخيرا فكل مخلوق كما ولد يمثل في النهاية طرازه الخاص . فأول الأمر ، يكون الطفل مجرد طفل والجرو جرو . وانه فقط في النهاية يلتحق بالطبقة الأكثر سموا ، والأقل بكثير من رؤساء الوزارات أو أبطال سباق كلاب الرعاة .

وعندما اختبرت نظرية الخلاصة بعناية بواسطة العلماء ، كان لا بد من الغائها . فهي ليست ، في الواقع ، صحيحة بدقة وثبات . ولكن الفكرة التي

تمثلها لها فائدتها • فنحن نحمل فى جنباتنا عددا من المواد البسيطة والصفات المتواضعة التى يمكن ادراكها تماما بالعلم ، فى ظل طبيعتها البدائية ، حتى حين تقع ضمن التعقيد والتنوع الهائلين للكيمياء البيولوجية • فالريبوفلافين الخاص بالسير فردريك هوبكنز ونظام الكيمياء الحيوية الذى يكون منها جزءا ، بالرغم من أنه يبدو دقيق الصنع ، فهو اليوم مفهوم تماما • فهو ، كما ذكرت سابقا ، نظام الاحتراق الذى تعمل بواسطته الآلة البيولوجية • وكل المخلوقات الشائعه التى نعرفها جيدا ــ الانسان والقطط والطيور والحيوانات المستأنسة ــ تتبع نفس هذا النظام • وتفسيره يقع فى نطاق حدود العلم ، بالرغم من أنه قد تطلب الاكتشافات المشتركة لأجيال عديدة من باحثين مبرزين حتى أمكن تفسيره •

ثم مرة أخرى ، تحتاج المخلوقات المتعددة الخلايا ، التى نحن أحدها ، الى نظام للتحكم حتى يمكن جعل عملياتها المركبة تعمل كمجموعة بكل أجزائها فى توافق • فاذا أردت أن تخبر مجموعات متفرقة تعمل فى منجم فحم أن حريقا قد شب فى أحد الممرات فأخذ الطرق الجيدة للقيام بذلك هى أن نضع فى قناة الهواء ملء ملعقة شاى من مادة كيميائية لها رائحة مؤذية • فحالما يستنشق الرجال الرائحة المحذرة فهم يتصرفوا ويهرعوا الى أسفل مدخل المنجم • وبنفس الطريقة سيسرى هرمون ، انسولين أو ادرنالين أو ثايروكسين ، خلال مخلوق متعدد الخلايا وستقوم الخلايا المتنوعة المنفصلة باتخاذ الفعل المناسب • فالأنسولين ينظم المؤن الضرورية من السكر فى الأنسجة حتى أنها تخزن جانبا جاهزة للاستعمال • والأدرنالين يلين المؤن المخزونة من الوقود حتى أن العضلات فى كل أنحاء الجسم يكون فى امكانها أن تقوم بالأداء فى وقت واحد اذا اقتضت الحاجة• والثايروكسين يحدد المستوى الذى تنطلق عنده عملية الطنين للحياة البيوكيمية• وهناك المزيد من مثل هذه المركبات الكيميائية المنظمة • وهذه المواد ، الهرمونات ، هى أيضا داخل نطاق حدود العلم تماما • فمهما بلغ تعقيد تشكيلها الكيميائى ، فطبيعتها يمكن أن تفسر • فالأنسولين وما اليه له تشكيل خاص ، يكون واحدا ، الى حد ما ، مهما كان مصدر العينة •ونحن نحتاج لهرموناتنا ، ولكنها ليست جزءا من شخصيتنا الفردية •

أما جلد أصابعنا فهو كذلك • وكذلك شكل آذاننا ــ وقد أقام مستر برتيلون نظاما للتعرف على المجرمين مبينا على هيئة الآذان قبل أن تستخدم بصمات الأصابع • ونحن نسلم الآن بأن كل الثلاثين ألف مليون أصبع وابهام التى يمتلكها الثلاثة آلاف مليون فرد المختلفين من الناس على هذه الأرض تكون مختلفة • أما الوقود الذى يبقى هذه الأيدى تعمل ــ وهو الجلوكوز ــ فهو نفس المادة • والتركيب الآلى الذى يحترق بواسطته خلال سلسلة من الانزيمات ومساعدى الانزيمات متماثل من الأول الى الآخر ، ولكن الماكينات التى تدار ، الرجال والنساء ثم ، فى هذا الشأن ، الحس ، التفكير ، النهج ، القتال ، التزاوج ، والموت ، الكلاب والقطط والحمام والنورس البحرى كذلك ، بالرغم من أنها مكونة من مركبات تتبع خلال نظام المؤثرات البيولوجية ــ فهذه المخلوقات الحية ليست متماثلة ، فكلها مختلفة ، ولهذا السبب فهى تقع خارج الحدود الدقيقة للعلم •

وربما قد يكون من زيادة الدقة أن نقول أن بعضا من صفات الرجال والمخلوقات البيولوجية الأخرى وراء حدود العلم وطاقاته • فنظرية الخلاصة كانت صحيحة عندما ، ترديدا لكلام ووردسوورت ، كانت تقضى بأن الطفل كان والدا للرجل ، وأن تركيبات أقل بساطة كالسمك والرخويات والأميبا كان كل منها أسلاف للآخر • وبالمثل يصح أن ندفع مبادىء النشوء ــ لأن هذه هى ما نشير اليها ــ حتى لأبعد من ذلك • فجزىء البروتين الكبير كان والد للأميبا ونظام التخمر البسيط للحصول على الطاقة كان والدا للعمليات البيولوجية لادخال فوتونات طاقة الضوء فى النظام الكيميائى الحيوى للتمثيل الضوئى • وهذا بدوره كان والدا للتنفس ، الذى يكون نسمة الحياة لنا • ونحن نحمل كل هذه الخلاصة معنا بدرجة أقل أو أكثر • ومن ثم ، فحيث أننا لابد أن نتعامل ، مثلا ، مع الكيمياء كعلم مضبوط نستطيع اعتبار طريقتنا العلمية تخضع لتنظيم كامل • وقد حدث فى عام ١٩٥٨ أن أعطى سانجز جائزة نوبل عن تفسيره للتشكيل الكيميائى الدقيق للأنسولين • فهو ، بالمصطلحات الكيميائية ، بروتين وجزىء كبير نوعا كما تمضى مثل هذه الأمور ، ولكنه ليس كبيرا كالجزيئات الأخرى المستعملة والمفهومة حاليا فى دنيا الكيمياء الصناعية • فالمطاط جزىء كبير أيضا ،

ومع ذلك يمكننا عمل مطاط صناعى بنفس السهولة التى أعتدنا فى أحد الأوقات أن نصنع بها صودا الغسيل • والجلد « المدبوغ » له طبيعة كيميائية معقدة • وقد لا يكون ممكنا حتى الآن صنع مادة كالجلد تماما ، ولكن هذه مسألة وقت فقط •

والموضوع الذى أهدف اليه حاليا هو هذا • ان الطريقة العلمية التقدمية التى تقود الى معرفة متزايدة بانتظام تسمح لنا بأن تتنبأ بغاية الثقة أنها مسألة وقت فقط أن تتمكن من فهم التشكيل الكيميائى المضبوط تقريبا لأى منتج بيولوجى طبيعى نهتم به • ويعنى ذلك أنه يمكننا توقع معرفة التركيب الكيميائى لرجل • وقد اعتادت بعض مراجع الكيمياء القديمة الطراز تماما أن تحتوى نوعا من القائمة التصنيفية تحدد كميات الكربون والايدروجين والأوكسجين والكبريت الموجودة فى جسم انسان عادى • فكانت أحد البنود تنص على أن الجسم به « فوسفور يكفى لعمل دستة من عيدان الثقاب » لو أننى متذكر تماما • وكان ذلك ، بالطبع ، علما بدائيا • فما نعرفه حاليا هو التركيب الجزيئى لبروتين واحد على الأقل ــ الأنسولين : الطريقة التى تمتزج بها ذرات الكربون سويا والتشكيل ذى الأبعاد الثلاثة للعناصر الأخرى الموجودة حول هيكل الكربون • ونحن اذا فهمنا ذلك اليوم يمكننا أن نتوقع فهم تركيب بروتين العضل غدا وتتمكن من عمله صناعيا فى اليوم التالى وبما •

ولكننا نصل الى حدود العلم حين نحاول أن نعرف بالتفصيل طبيعة التركيب الجزيئى التى هى القالب الكيميائى الذى تشكل منه خلية نامية ، عندما تنمو الخلية وتنقسم وتنمو مرة أخرى ، لتكون المخلوق بأجمعه الذى ستتحول اليه • والعالم الفيزيقى يعرف كمية كبيرة عن طبيعة الجسيمات الأولية وعلاقات طاقتها ولكن بساطتها تهزمه فى النهاية ــ بقاعدة عدم الوثوق لهيزنبرج وبأرقام جودل • والبيولوجى يفهم بتفصيل كبير تشكيل جزىء الـ د ن ا الذى يبدى تحكما كيميائيا فى الوراثة ولكن تعقيده ، يهزمه • وستتذكر من مناقشتنا فى الفصل السادس أنه بالرغم من أن مادة الـ « د ن ا » عضو من مجموعة مدركة من المواد ، المسماة بأحماض النيوكليك ، فهناك عدد ضخم من الاختلافات الممكنة فى تشكيل

أى عينة خاصة لدرجة أن أى رقم تشاء اختياره ، متبوعا بألفين من الأصفار هو أدنى تقريب يمكنك الحصول عليه لمقدارها .

ويمكن للفرد باستخدام المعرفة العلمية أن يصنع بوليثين من الكربون والهيدروجين المنسقين سويا كما يجب ، كما يمكن للفرد أن يفهم هندسة البناء التفصيلية للبروتين والأنسولين ، وقد يمكن للفرد ، بالذكاء ، توقع أنه سيتمكن بمضى الوقت من فهم التشكيل الكيميائى لبلازما الدم حتى أنه سريعا فى يوم ما لن يكون من الضرورى أن ندعو المتطوعين لاعطاء دم لعمليات نقل الدم ، فسيصنع فى مصنع دم . وقد يكون ممكنا فى المستقبل أيضا أن نصنع قطعا من الأنسجة لتحل محل الأجزاء البالية أو المصابة فى المرضى الذين يحضرون للمستشفى لعمل عمرة . وما يفوق التصور ، من جهة أخرى أن أحدا سيتمكن قطعا من عمل جلم الماء(١) . فذلك خارج نطاق العلم .

تأمل بيضة جلم الماء . ففيها ، داخل الجنين عند تجاهل القشرة الواقية وأماكن تخزين الغذاء للبياض والصفار ، هنالك بالضبط ترقد البيضة ـ وهى خلية مخصبة واحدة . وبداخل هذه الخلية يوجد الجزىء الكيميائى المركب لـ « د ن ا » . وشكل هذا الجزىء . والشد والقوى التى تبقى بواسطتها ذرات الكربون والايدروجين والنتروجين والأوكسجين فى تجاور مناسب الواحدة بالنسبة للأخرى ، تكون القالب الذى يشكل سلسلة التغيرات الكيمو حيوية التى سوف يتبعها الطائر الذى سيفقس فيما بعد ، خلال حياته . ويمكننا أن نعرف عن تركيب الـ « د ن ا » ، ويمكننا أن نعرف عن أجنة الكتكوت النامى ، ويمكننا فهم العمليات الكيمو حيوية التى تجعله يتحرك ويعيش ، كما يمكننا أن نعرف أيضا كيف يطير فى أوقات الغروب عبر هذا الكوكب من جنوب استراليا الى جرينلاند ثم ، فى الوقت المناسب ، يصبح أسرع شىء حى موجود ، عبر المسافة كلها عائدا من جرينلاند الى جنوب استراليا بطريق آخر . ونستطيع أيضا أن نعتقد أننا نعلم معرفة الطائر بكيفية الوصول فى كل سنة من رحلته الهائلة عند نفس مكان التعشيش تماما كالعام السابق وفى نفس الوقت بالضبط لدرجة أن مصانع اعداد الطعام التى تصطاد وتعد جلم الماء على هيئة مشهيات

---

(١) طائر بحرى يدعى أم غرنايه . (المترجم)

مائدة يمكنها أن ترتب مع مورديها على تسليم العلب الفارغة ورقعات العنوان وصناديق التعبئة فى تاريخ محدد • وقد تكون معلوماتنا العلمية عن ذلــك كله مفصلة تماما وهائلة بما يكفى لملىء كتب فى الكيميــاء الحيوية ، ومبحث تبلور أشعة اكس ، وعلم الأجنة ، والتاريخ الطبيعى • وحتى مع ذلك ، فان تعقيد كيمياء الجزىء الحاكم يبلغ درجة أن احتمال أى فرد التمكن من عمل جلم ماء صناعى على الاطلاق يكون خارج حدود العلم تماما •

والعقل البشرى ، أيضا ، يقع خارج حدود العلم • ودعنــا نسلم بأننا لا بد أن نفقد الأمل فى الوصول الى فهم مفصل للعمليات الكيميائية الحاكمة التى تصبح بواسطتها الخلية المخصبة المفردة ، باقســامها ونموها منفصلة فى رحم ، بمرور خمسة عشر عاما ، تصبح أخيرا ذلك التلميذ النابغة ، حيث جزء من جســمه هو العقل • وقد حاولت فى الفصل السابــع أن أصف أى طراز من التركيب يكون العقل وأى نوع من العمل يؤديه • ولكن الوصف كان بالضرورة ، غير دقيق • ولا بد أن نسلم أيضا بأن تعقيد العقل ، وتعدد مكوناته ، يجنحان به خارج حدود التحليل العلمى المفصل • فنفس طريقة الاكتشاف العلمى ذاتها ، التى تؤديها عقول العلماء المثقفين ليست علمية •

وقد عرفت العلم على أنه :

١ ــ تجميع الحقائق •
٢ ــ بناء فروض أو قوانين لتنظيم وربط الحقائق فى نظام منطقى •
٣ ــ القيــام بتجــارب أو البحــث عن مزيد من الحقــائق لاختبــار الفروض • والأولى والثالثة من هذه العمليات يمكن تبعا لأحكام العقل أن تسمى علمية ، أما الثانية فليست كذلك : فهى مسألة بداهة • فالأفكار التى تؤدى الى اكتشافات علمية جديدة يتحصل عليها بالطريقة المنسوبة الى مسز بيتون ، المؤلفة الشهيرة لكتاب الطبخ • أمسك أولا بارنبك ، هذا ما زعم أنها كتبته ، وأنها فقط عندما طبقت مواهبها على العلم ، أمكنها اعطاء النصيحة عن كيفية حشوه بالحقائق واختباره بعد ذلك •

والأدب العلمى غنى بقصص عن كيفية توصل الرجال العظماء لادراك الفروض التى تمكنوا فيما بعد من تعزيزها واثباتها • فحتى اذا وجب أن نسمح بأن تكون

قصة نيوتن الذى حدث أن صدمته تفاحة ساقطة أثناء نومه فى بستان فواكه ، فى نفس الوقت مع مخالجة فكرة الجاذبية له قطعة ظريفة من الخيال العلمى ، فهى تمثل تماما المباغته التى خطرت بها الحقيقة الواضحة عن فرض جديد لعقل كان يبحث عنها . فالطريقة بعد ليست علمية . وقد كتب شارلزداروين ، عن لمحة البداهة التى جاءته عندما كان يطالع كتاب مالثوس ، فى الوقت الذى كان فيه يفكر فى الكمية الكبيرة من البيانات المتداخلة التى جمعها خلال رحلة السنين الخمس التى قضاها فى سفينة « بيجل » وقد أشير الى هذه الفقرة من قبل فى صفحة ١٠٨ .

والقصة الشهيرة عن كيفية توصل الكيميائى الالمانى كيكولى لنظريته عن التركيب الحلقى للبنزين التى بنى عليها مجمل الصرح الحديث للكيمياء « العطرية »(١) العضوية تعد مثالا أكثر خيالية مصورا بطريقة بالغة للاكتشاف العلمى الأصلى . فقد كتب عام ١٨٦٥ عندما كان مدرسا للكيمياء فى غنت يقول :

« كنت جالسا أكتب فى مرجعى ، ولكن العمل لم يمض ، فقد كانت أفكارى فى مكان آخر . فأدرت مقعدى للنار وغفوت . ومرة ثانية كانت الذرات تثب أمام عينى . وقبعت المجموعة الصغيرة فى هذه المرة هادئة فى أرضية الصوره . أما عين عقلى ، وقد أصبحت أكثر حده بالرؤيات المتكررة للعقل فقد أمكنها أن تميز التركيبات الأكبر ذات الشكل المتشعب فى صفوف طويلة ، مرتبة معا فى بعض الأحيان بدقة أكثر ، تدور كلها وتلف فى حركة ثعبانية . ولكن أنظر ! ماذا كان ذلك ؟ لقد أمسك أحد الثعابين بذيله ، ودار الشكل سريعا أمام عينى فى سخرية . واستيقظت كما لو كان بوهج اضاءة ، وفى هذه المرة أيضا قضيت بقية الليلة فى تفسير نتائج الفرض » .

وهذه العمليات الذهنية ــ لنيوتن أو داروين أو كيكولى ــ تكون خارج حدود العلم . حقا ، اذ يحمل وصف كيكولى تشابها واضحا مع ذلك الذى كتبه كولردج لعملية ذهنية مختلفة تماما وهى ادراك الشعر .

---

(١) aromatic

فقد كتب كولردج فى صيف عام ١٧٩٧ ، أن المؤلف ، الذى كان وقتئذ فى صحة معتلة ، قد اعتزل الى منزل ريفى بين بورلوك ولندن على حدود اكسمور بسومر وديفونشاير . وكنتيجة لوعكة خفيفة ، وصف له أنودين كعلاج فنام فى مقعده من تأثيراته فى اللحظة التى كان يقرأ فيها الجمل الآتية أو كلمات عن نفس الموضوع فى كتاب « حجة بورشاس» «هنا أمر الخان كوبلا ببناء قصر ،وحديقة فخمة تحته ثم عشرة أميال من الأرض الخصبة محاطة بحائط » واستغرق الكاتب فى نوم عميق على الأقل بالنسبة للحواس الخارجية لحوالى ثلاث ساعات ، كان واثقا تماما أنه لم يؤلف خلالها أقل من مائتين الى ثلاثمائة بيت شعر ، اذا أمكن بالفعل تسمية ذلك تأليفا تبرز فيه الصور أمامه كأشـياء ، مع انتـاج مواز من التعبيرات الملائمة بدون أى احساس أو وعى بالمجهود . وعند استيقاظه بدا لنفسه أن لديه ذاكرة جلية بكل شيء ، وأمسك قلمه ، والحبر والورق ، وكتب فى الحال وبلهفة السطور المدونة هنا . واستدعاه لسوء الحظ فى هذه اللحظة شخص من بورلوك فى شئون عمل حيث احتجزه لمدة تزيد عن ساعة ، وعند عودته لغرفته ، وجد ، لدهشته الكبيرة وخيبته أن .. كل البقية قد اختفت كالصـورة من على سطح غدير ألقى فيه بحجر .

والسطور المدونة هنا ، أقصد بالطبع قصيدة خان كوبلا ، هى من أظـرف الدرر فى الشعر الغنائى . فكياستها وكمالها ، حتى وهى فى الحالة الناقصة التى بقيت عليها منذ أن أزعج « الشخص من بورلوك » مؤلفها تعطينا ارضاءا ذهنيا وذوقيا ليست مقارنته ببعيدة مع المتعة الذهنية المماثلة التى نحصل عليها ، فيما أعتقد ، عند قراءة « أصل الأنواع » لداروين .

والصفة المميزة للعلم كطريقة للتعامل مع الحقائق هى أنه تراكمى وتقدمى . وقد وضع هنرى سارتون ، المؤرخ الكبير للعلم ، النظرية بأن العلم هو النشاط الانسانى الوحيد الذى يمكن رؤيته يتقدم الى الأمام من ذروة من المعرفة الى

أخرى أكثر بعدا . وقد استخلص من ذلك النتيجة بأن تاريخ العلم هو ، بالتالى، التاريخ الوحيد الذى يمكن أن يصور تقدم الانسان ، وأن التقدم ليس له معنى محدد وأكيد فى مجالات أخرى غير العلم . فلم يكن أينشتين بالضرورة رجلا أقدر من نيوتن ، ولكن أينشتين كان قادرا على حساب قوة تفجر القنابل الذرية فى حين كان نيوتن مقيدا بالقنابل الساقطة وذلك ببساطة لأن أينشتين ولد بعده بثلاثمائة عام ، وكانت التقدمات المتراكمة لثلاثة قرون من عمل علماء آخرين جاهزةلديه عند نقطة ابتداءه . وكان لكولردج لحظات نبوغه ، فكان قادرا على الابتكار الأصلى الغير عادى . وابتكار رجال العلم قد لا يكون أكبر من ذلك الخاص برجال المعارف أو رجال الأعمال أو الموسيقيين . فالطرق التى يدرك بواسطتها أى نوع من الابتكار البشرى هى طرق ايحائية ، وليست علمية . ولكن بينما لم يكن لفلمنج وكورى وباستير وفراداى وبنزن وكبلر أى قوة ابتكار وابتداع أعظم ، فان نتيجة نشاطهم الذهنى الغير علمى كمكتشفين قد حملت تضمينات هامة ، لأنها مكنت كل معاصريهم وكلأولئك الذين جاءوا بعدهم من التقدم الى الأمام خطوة . وهذه ليست قوة ابتكار غير علمية . وقد عاش كولردج بعد شكسبير بمائتى عام ، ولكن لا يستتبع لذلك السبب أن شعره كان أكثر تأثيرا .

ومع ذلك ، حتى اذا سلمنا بتقدمية الاكتشاف العلمى ، بعدم امكان العلم الرجوع الى الوراء ــ فطالما اكتشف النيوترون يبقى مكتشفا ــ بالرغم من ذلك كله ، فالاكتشاف ليس فعلا عمليا . ويمكننا وصفه ، اذا أردنا ، بأنه فعل انسانى . ولذا يبدو أن عدم مقدرة الطريقة العلمية على المضى فى اتجاه جديد تعد حدا للعلم . فيمكن فى مصطلحات علمية انشاء ماكينة تستطيع أن تحكم نفسها وتصحح أخطائها الخاصة . واذا كانت هذه آلة حاسبة ألكترونية عامة الأغراض فيمكنها أن تحل الحسابات المعقدة . ويمكنها ، اذا زودت بنظامالتوجيه المناسب، أن تترجم الروسية الى الألمانية . أو يمكنها ، بدون مساعدة بشرية ــ أو على

الأقل ، بدون مساعدة كبيرة ــ أن تدير مصنعا لينتج ، مثلا ، آلات حاسبة أخرى مثلها ، ولكنها اذا صممت على أن تقوم بأداء هذه الأشياء فتلك هى الأشياء التى ستؤديها ، ولن يحدث فجأة أبدا أن تدرك مدى الاثارة عند تسلق قمة افرست ، أو أن ترسم صورا كرمبرانت ، أو أن تبدأ ديانة كالمسيحية ، أو أن تقع فى الحب .

واثنان من حدود العلم ، كما رأينا من قبل ، هما أولا ، الصعوبة النهائية فى ادراك البساطة . فالعالم الذى نراه حولنا ،من حيوانات ونباتات ومعادن وضوء الشمس ، ووهجات اضاءة ، يمكن أن يجزأ الى عناصره الكيميائية ، ومن ثم الى الجسيمات الفيزيقية التى ناقشناها من قبل أكثر من مرة ، ويصبح فى النهاية سلوك الجسيم الأخير من هذه السلسلة بطبيعته الخاصة ، غير متوقعا ، وهذا أحد الحدود . والحد الآخر هو تعقيد الجزيئات الكيميائية التى تكون الفراشات وتكون العقول البشرية والتنظيم المعقد للمراحل العليا من التطور البيولوجى . وأنه لصحيح تماما أنه يمكن تفسير أصل ووظيفة خلية مفردة من العقل ، كما يمكن فهم السلوك الكهربائى الكيميائى للأجزاء المختلفة للعقل البشرى ، وكذلك التأثير العام للتداخل الجراحى مع أجزاء الجبهة ، « لغسيل المخ » المنظم ، أو لبعض العوامل الكيميائية ــ كالكحول مثلا ــ على العقل ، وماذا سيفعل ، يكون فى نطاق التحليل العلمى تماما . ولكنى أرى ، أن خارج نطاق الحد الثانى للمقدرة العلمية أن تتوقع على الاطلاق قيام رجل فى معمل بعمل وتصميم أى شىء معقد كبعوضة ، أو حمار ، أو أغبى طفل فى ذيل أقل الفصول فى مدرسة أولية .

والحدان اللذان اقترحتهما بعد للعلم كلاهما على الأقل فنى بعض الشىء . وحقيقى أن هيزنبرج أوضح أن نفس طبيعة الجسيم المتناهى للمادة تجعل من المستحيل لنا فلسفيا أن نحدد له موضع ــ وعلى هذا المقياس يصبح أى دبوس حقيقى له رأس كبيرة لدرجة ، أن مجموعة كاملة من الملائكة ، كما اعتاد اللاهوتيون أن يجادلوا ، يمكنها أن تتراقص فوقه ويصبح اذن من البلاهة تماما أن نطعن

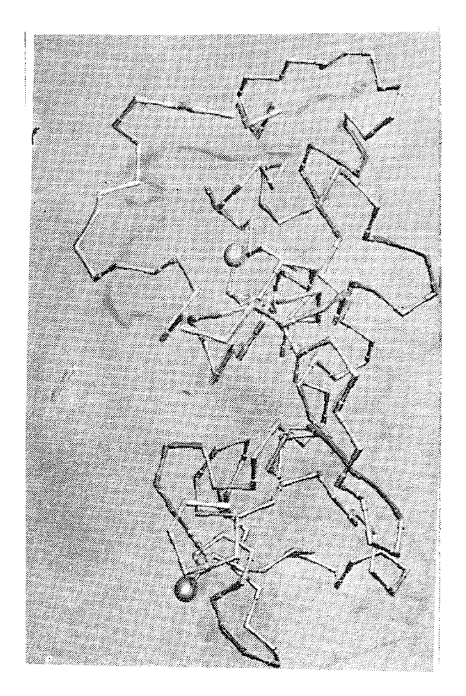
الكترونا برمح. ومع ذلك فان العقبة الفلسفية التي تمنعنا من التحصيل تعد مشكلة فنية • وبالمثل فانشاء بيضة قنفذ البحر تكون فنية أيضـا ، ولكن العلم هنـا أعياه تعقيدها • أما الحد الثالث الذى قد أقترحه للعلم ، مع ذلك ، فله طبيعة مختلفـة •

فمجال العلم هو دراسة الجزيئات المتزايدة التعقيد حتى الانسان بمـا فى ذلك الانسان نفسه • وفى نطاق العلم يدرس المرض الانسانى والسلوك الانسانى• ويجب حقا أن نتنفع جميعنا من كمية أكبر من التفكير العلمى تستخدم فى مشكلة المرور • فالعلم يستخدم بصورة مناسبة فى السيارات والصواريخ ذات المحركات النفاثة وفى رفع متوسط السرعة فى حركة مرور لندن حتى تزيد عن تلك الخاصة بعربات الخيل المطهمة • والحد الذى لا يستطيع العلم أن يتخطاه مع ذلك ، هو الحد الممثل بالغرض البشرى • فالرجال والنساء يدرسون العلم لأن من طبيعتهم الرغبة فى المعرفة • ونتائج البحث العلمى مبهمة تماما • وقد ألقت التقـدمات والتطورات الحديثة فى الاكتشافات العلمية وتطبيقاتها الضوء على ذلك الحـد الثالث للعلم • وكما صاغها البروفسور جالبرت ، نحن فى العالم الغربى نعيش فى « المجتمع الفياض » • فعن طريق استخدامات المعرفة العلمية عن الفيزيقـا يمتلك كل منا جهـازا للتليفزيون ، وسريعـا ، اذا أردنا يمكن لنا أن نمتلك جهازين ـ أو ثلاثة • وباستخدام الكيمياء الحديثة للجزيئات الكبيرة نمتلك جميعنا عشرات من القمصان النايلون وملابس داخلية مصنوعة من « التريلين »• وقد أوضح الفهم المتزايد لعلم الحياة مرض الجدرى والطـاعون والتيفوس والملاريا ـ وغدا سيتم التغلب على أمراض البرد أيضا • وقد جلب العلم التطبيقى الثروة والغـذاء واللعب من كل الأنواع كذلك ـ سيارات وماكينات غسـيل كهربائية ورحلات الى القمر • وقد ضاعفنا مستوى معيشتنا ، كما نسـميه ، فى جيل واحد • وسنفعل ذلك الآن مرة ثانية • لماذا ••• ؟

فالفرض خارج حدود العلم . ففى بريطانيا ، يحب عمــلاء صانع الحلوى أن يكون كعكهم ملونا . والكيميائى ، بفهمه للعلاقة بين اللون ــ أى ، طــول موجة الضوء المنعكس ــ والتشكيل الجزيئى ، يمكنه ببساطة أن يركب أى لون يريده صانع الطعام : أصفرا ليذكر الآكل بالبيض ،بنيا ليحاكى الشوكولاته أو أحمرا أو أزرقا أو أخضرا لمجرد اللهو . وبعد ذلك ، يمكن لعالم الأحيــاء أن يقيس درجة السمية لكل من هذه الأصباغ النيتروايدروكربونية ، لمعرفة ما اذا كانت هذه قد تسبب السرطان ، أو تلك تتلف الكبد ، أو لن تظهر الأخرى أى تأثير عضوى يمكن كشفه على الاطلاق . وتلك هى الطريقة العلمية المعمول بها . ولكن قرار الآكلين ليس علميا . فيقول المثل الفرنسى ، « لن نستعمل أصبــاغ الطعام ، ليس لأننا نخشى المخاطرة ، بل لأننا ، كفنانين فى الطعام ، نعتبر أنه ليس من الفن أن نفعل ذلك » . ويقول الروائى البريطانى ، « نحن نعرف أن هنــاك بعض المخاطرة ، ولكننا سنستمر فى صبغ الطعام ، فنحن نعتقــد أن الألوان فنيــة » .

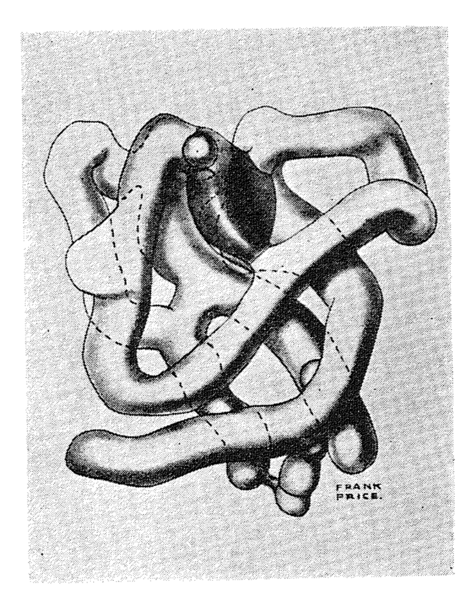
فالغرض ، والذوقيــات ، والدوافع ، والفلسفة الأدبيــة ــ هــذه خارج حدود العلم .

الصور والأشكال



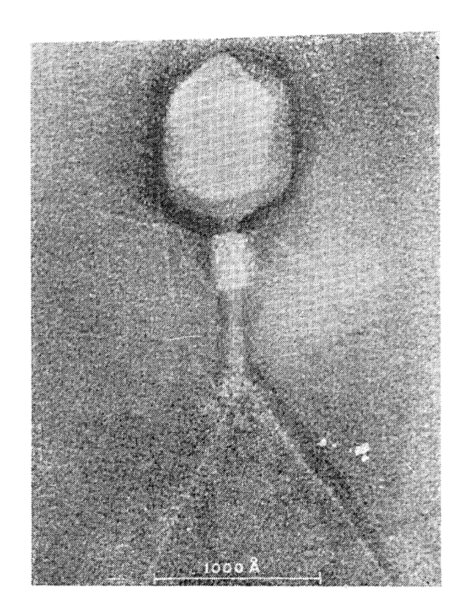
الصورة رقم (١)

يبين هذا النموذج التركيب الجزيئي للمطاط ، وهو بولمر موجود في الطبيعة . وتتكون مثل هذه النماذج من نتائج آلاف من الصور الفوتوغرافية لحيود أشعة أكس . والترتيب الكيميائي المعقد للذرات المتصلة التي يتكون منها الجزيء يعطيه خواصه « الفيزيقية » الغريبة التي يتميز بها المطاط . و تسمح لنا المعرفة الكيميائية الحديثة بعمل مثل هذه البوليمرات صناعيا .



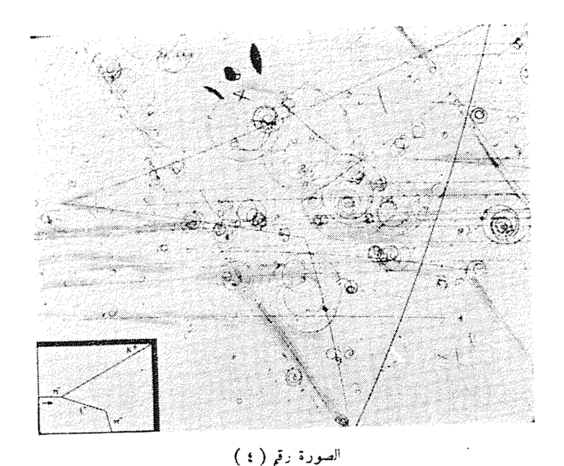
الصورة رقم (٢)

نموذج لجزىء ميوجلوبين ، مصنوع أيضا من بيانات لحيود أشعة إكس . وهو بروتين ، يحتوى على حوالى ألفين وخمسمائة (٢٥٠٠) من الذرات المتصلة فى حلقة واحدة ملتفة . ووظيفته فى نسيج العضل ، حيث يوجد ، هى تخزين الأكسجين المستعمل عند « إحتراق » الجلوكوز لإعطاء طاقة عضلية . وتتصل ذرات الأكسجين عند الموضع المبين بدائرة . وحتى الآن ، لا يمكن تركيب جزىء معقد كهذا فى المعمل .



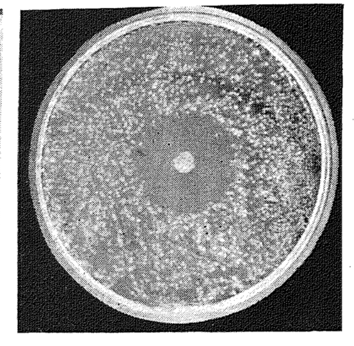
الصورة رقم (٣)

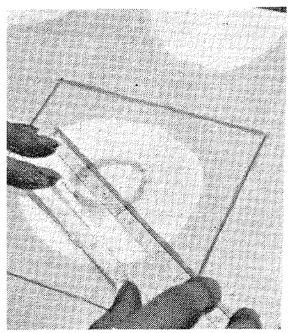
مبيد البكتريا الذى ينتجه الجسم تحت تكبير هائل جدا . وكائن حى جرثومى كهذا يزيد بالكاد عن تجمع لبضع جزيئات بروتين . ومع ذلك ، فهو يهاجم البكتريا و « يصيبها بالعدوى » التى بدورها تصيب بالعدوى مخلوقات أعلى . وهو مثال من « البراغيث الصغيرة » الموجودة عند البراغيث الكبيرة على ظهورها لتعضها .



الصورة رقم (٤)

هذا سجل لعدم ثبات المادة . حيث ينقسم المسار عند شمال الصورة ، عندما يضرب جسيم أولى ، بيون π^- ، منطلقا للداخل من الشمال ، بروتونا . وقد اختفى الاثنان على الفور ، وظهر فى مكانهما جسيمان جديدان ، جسيم سجما Σ^- الذى أحدث المسار الأسفل ، وجسيم ك K^+ ، بمساره الأعلى . وكلاهما ليس ثابتا ، فقد إنهارت السجما فى الصورة . وأصبحت نيوترونا (الذى لا يمكن رؤيته) حيث ينعطف المسار الخاص به فجأة لأسفل ويقذف بيونا ، تطاير ثانية وقفز عند نواة كربون ، حيث يوجد « النجم » أسفل الصورة . ونسجل هذه الأحداث بتصوير المسارات التى تخلفها وراءها الجسيمات المشحونة أثناء تحركها خلال « الغرفة السحابية » .

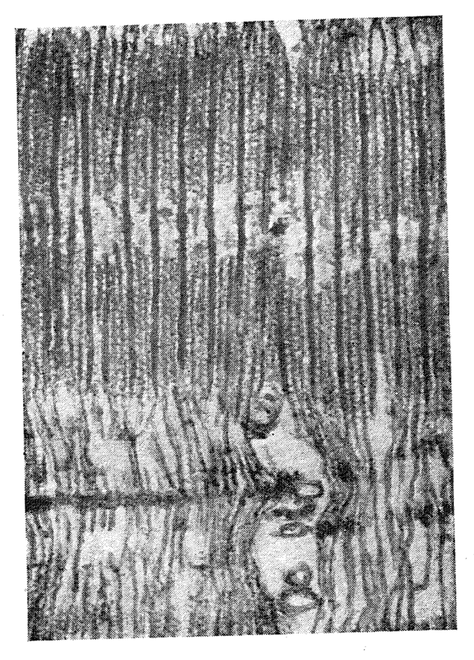




الصورة رقم (٥)

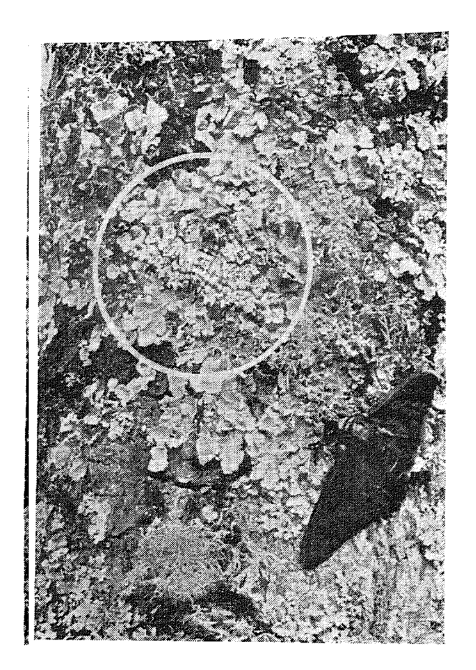
(أ) جالية فطر البنسيليوم النامية فى **وسط** الطبق تفرز بنسلينا فى اهلام المحيط ، حيث **تعوق نمو الكائنات** الدقيقة التى تغطى الطبق .

(ب) لقياس فاعلية محلول بنسلين توضع كمية صغيرة فى ثقب يقطع فى منتصف طبقة من هلام معطم بغزارة بالبكتريا . فقدار المساحة التى يمنع فيها نمو البكتريا هو مقياس لتركيز البنسلين . ويوضح الطبق قياسا « لمنطقة المنع » .



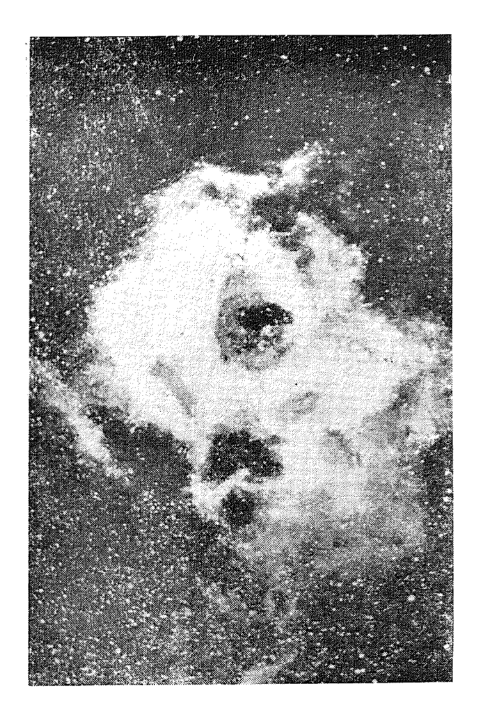
الصورة رقم (٦)

تركيب خويطات عضلة أرنب ، كما يظهرها الميكرسكوب الإلكترونى . والوصلات المستعرضة الصغيرة الكثيرة بين الخويطات الرأسية تمثل فى الغالب المواقع الفعلية التى تتحول عندها الطاقة الكيميائية إلى طاقة عضلية ، محدثة بذلك تقلصا عضليا .



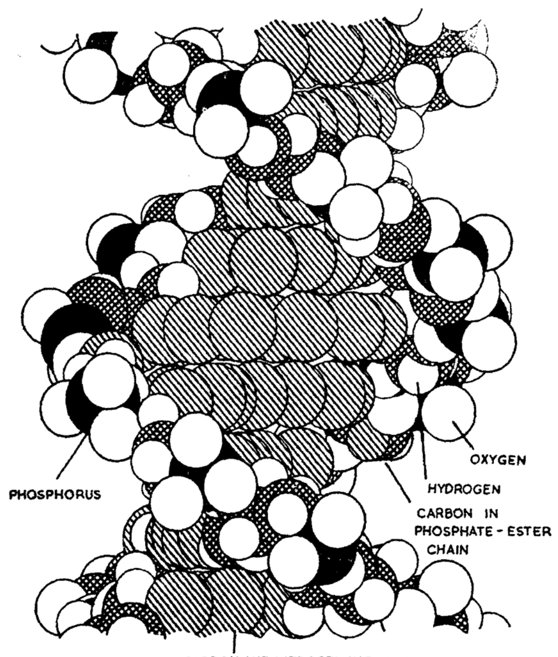
الصورة رقم (٧)

السوسه « بستون بتولاريا ل . » تعد مثالا للتطور الذى يحدث . فالشكل « ف . تيبيكا » (أعلى ، فى المنتصف) تندمج تماما مع لحاء الشجر الذى ألصقت نفسها به لدرجة أنها تكون فى الغالب غير مرئية بالنسبة لأعدائها . وخلال الثلاثمائة سنة الأخيرة ، مع ذلك ، أصبحت الأشجار فى أجزاء كثيرة من بريطانيا مسودة بواسطة الفحم . وتطور الآن الشكل الأسود من هذه السوسة ، بيستون بتولاريا ل . ف . كاربوناريا (أسفل ، جهة اليمين) ، وانتشرت بكثرة فى المناطق الصناعية من البلاد .



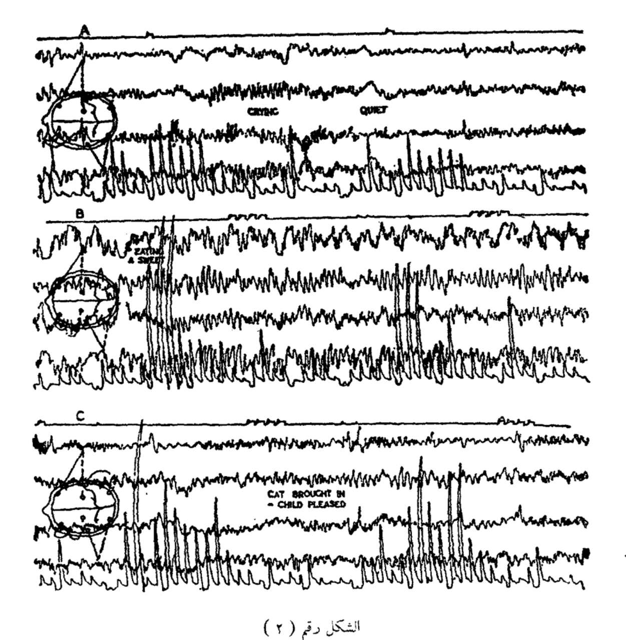
الصورة رقم (٨)

سديم كوكبة وحيد القرن يحتوى جمهرة من نجوم براقة فى المناطق الوسطى الموضحة . وقد أحدثت هذه بركة من الغاز الساخن « المتأين » التى تضغط الآن على الكتل المجاورة من الغاز البارد الموجودة بين النجوم ، وستسبب لها على الأرجح بمرور الوقت أن تنكمش فى نجوم أخرى جديدة — وذلك جزء من عملية التطور الكونى .



الشكل رقم (١)

قطاع لجزيء حامض الدى أوكسى ريبو نيوكليك . ويشتمل جزيء « د ن أ » الكامل على ملفين لولبيين ، كل بأكثر من ألف طية . ويتكون القسم الخارجي من هذين الملفين من فوسفات والسكر ، دى أوكسى ريبوز . ويتكون القسم الداخلى ، الموضح كدوائر مخططة من « قواعد » بيورين وباير يميدين مرتبة لتحمل شفرة الوراثة .



الشكل رقم (٢)

رسم كهربائى للعقل يبين التغيرات فى النشاط الكهربائى لعقل طفل فى الثانية تسببها (أ) بكاء ، (ب) أكل حلوى ، و (ج) سرور .

تم طبع هذا الكتاب بالهيئة العامة
للكتب والأجهزة العلميــة ــ مطبعة
جامعة القــاهرة ــ فى يوم الخميس
الموافق ٢٢ من أغسطس سنة١٩٦٨
مدير المطبعة
احمد سلامة

(مطبعة جامعة القاهرة ١٢٣٢/١٩٦٧/٢٠٠٠)



مطبعة جامعة القاهرة



الغلاف – تصميم الآنسة عصمت عبد الحميد